

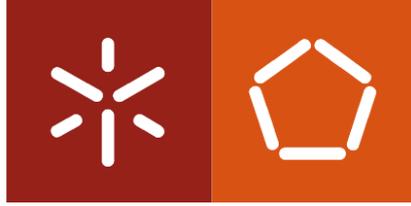
Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Araguacy Paixão Almeida Filgueiras

**Optimização do Design Total de Malhas
Multifuncionais para Utilização em Vestuário
Desportivo**

Outubro de 2008



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Araguacy Paixão Almeida Filgueiras

**Optimização do Design Total de Malhas
Multifuncionais para Utilização em Vestuário
Desportivo**

Tese de Doutoramento em Engenharia Têxtil

Trabalho efectuado sob a orientação do

Professor Doutor Raul Manuel Esteves de Sousa Figueiro

Outubro de 2008

Dedicatória

Sílvio, razão e amor da minha vida!
Ivna e Iana, bênçãos de Deus para nós!
A vocês, por vocês, sou eternamente agradecida!



Essa Tese e respectivo Doutoramento decorreram no âmbito do **Programa Alban** Programa de bolsas de alto nível da Comunidade Europeia para a América Latina, bolsa nº E05D056514BR.

AGRADECIMENTOS

É com imensuráveis alegria e satisfação que escrevo os agradecimentos na fase conclusiva desse trabalho, uma vez que representa a sua finalização, o meu retorno à uma vida sem as angústias da saudade, sem as dores da solidão, sem a falta dos meus amores!

Sem o poder de **Deus** nada é possível: Ele acima de tudo, por tudo e sobre tudo!

Todavia, tenho muito a agradecer pelo desenvolvimento e conclusão desse trabalho. Algumas pessoas foram fundamentais, quer seja de forma directa, quer seja indirecta.

Ao Professor **Raul Fanguero**, pela orientação científica, confiança e apoio constantes. Para além de um orientador e profissional de visão futura, um amigo, uma pessoa que tem na alma o espírito família, e isso foi fundamental no decorrer da minha estada em Portugal. Tenho ainda a agradecer-lhe as condições estruturais e materiais postas à disposição durante todo o trabalho e os contactos externos essenciais à concretização da Tese.

Ao Professor **Mário de Araújo**, pela competência e cientificidade, pelas calorosas contribuições ao longo do trabalho, desde antes mesmo de começá-lo.

À Empresa **Sonicarla**, personificada pelo Dr. Paulo Andrade e Dra. Carla Ferreira, o imenso agradecimento por acreditar na ideia, pela disponibilidade e presteza na parceria. Pela visão empreendedora, parabéns!

À Empresa **Lacatoni**, por acreditar na proposta e através da parceria apresentar ao mercado frutos desse trabalho.

Ao doutorando **Felipe Soutinho**, pela sua colaboração, apoio e grande disponibilidade.

Ao técnico **Joaquim Jorge Peixoto**, sempre solícito e boa disposição, obrigada pelas valiosas colaborações.

Aos **amigos e companheiros** do Laboratório de Processos Têxteis, o sincero agradecimento.

Ao **Departamento de Engenharia Têxtil** da Universidade do Minho, aos professores, técnicos e colaboradores, obrigada!

À **Universidade Federal do Ceará**, por ter proporcionado essa oportunidade, para a qual quero retornar, retribuir e contribuir.

À especial amiga **Clarisse Ferreira Gomes**: a verdadeira amizade independe da distância. Meu carinho para sempre.

A todas as amigas do **Departamento e Economia Doméstica**, da Universidade Federal do Ceará, pelo incentivo, encorajamento e colaborações.

À amiga **Gabriela Jobim**. Uma amizade sincera que ultrapassou as paredes da Universidade. Um apoio emocional fundamental em momentos essenciais.

Aos amigos de convivência, **Taciana, Érika, Marcinkus, Jefferson, Clécio, Roberta, Ieva**... de cada um, lembranças que jamais esquecerei...

Jamais poderia não citar **Minha Família**: a base de tudo. Família de herança, família de formação – **Meus pais, meus sogros**. A unidade, o carinho, a compreensão, o apoio, a confiança, o amor... ainda são poucas as palavras para expressar tudo o que nos fortalece.

Ao **Sílvio** pelo amor, apoio e compreensão imensuráveis. Pela coragem em se fazer pai e mãe, minha gratidão eterna.

Às minhas lindas filhas **Ivna e Iana**, que mesmo tão pequenas aprenderam a lidar com a saudade, com a distância e as dificuldades que a ausência de uma mãe provoca. Eu as amo demais!

...E a **todos** que, durante essa caminhada, cruzaram meu caminho com sorrisos, palavras de força nos momentos de angústia, soma de esforços, divisão de barreiras... Muito obrigada!

“Pedras no caminho? Guardo todas, uma dia vou construir um castelo”.
Fernando Pessoa

Optimização do design total de malhas multifuncionais para utilização em vestuário desportivo

RESUMO

Durante a realização de actividades físicas, o esforço realizado pelo corpo humano faz libertar suor e provoca cansaço, sendo que estes dois factores, combinados com outros, afectam directamente o desempenho. A ciência e a tecnologia, ao serviço da sociedade, têm desenvolvido e apresentado produtos para a área desportiva com as mais variadas características e propriedades, obtidas a partir da transdisciplinaridade entre as várias áreas do conhecimento, com vista à maximização do rendimento dos atletas. O vestuário assume particular importância neste domínio, onde factores como o peso, a transferência de calor e humidade e a estrutura podem representar a diferença entre ganhar e perder. Uma peça de vestuário que atrapalhe os movimentos, cole ao corpo ou diminua a sensação de conforto reduzirá as possibilidades de competição e de vitórias.

Nesta perspectiva, o objectivo principal deste trabalho é a optimização do design total de peças de vestuário desportivo para atletas profissionais, prevendo a sua aplicação ao desenvolvimento de uma T-shirt multifuncional para jogadores de futebol profissional.

Inicialmente foram identificadas as propriedades chave para a especificação das fibras e estruturas têxteis adequadas ao desenvolvimento de vestuário desportivo activo para desportos de características intermitentes, em que curtos a médios períodos de actividade física intensa são seguidos de curtos períodos de repouso, tal como no futebol.

A partir da análise das propriedades de T-shirts já existentes no mercado e dos resultados obtidos em inquéritos aplicados a jogadores de futebol profissional, definiram-se as especificações da peça de vestuário a desenvolver, tendo como base a utilização de fibras funcionais e de estruturas de malha.

No sentido de estudar o desempenho de malhas produzidas com fios à base de fibras com as funcionalidades requeridas para a aplicação seleccionada, foram produzidas

diversas amostras em malha jersey simples, combinando fibras de poliéster ou polipropileno com fibras bioactivas, de gestão de humidade e termoreguladoras, em várias proporções. Para cada propriedade analisada, foi possível concluir acerca das combinações que oferecem melhor desempenho e, sobretudo, da influência da quantidade de fibra funcional na mistura no desempenho da malha, como forma de optimização dos materiais a utilizar. Para além disso, foi igualmente efectuada uma análise de desempenho de malhas de dupla face em jersey vanizado, contendo fibra funcional na face interna e fibra de poliéster ou de polipropileno na face externa.

Com base nestes estudos, foi desenvolvida uma T-shirt para futebol profissional, a partir da tecnologia *seamless*, utilizando um processo de criação de diferentes áreas funcionais (*patchwork*) tendo em conta as zonas de contacto com o corpo do atleta. Esta T-shirt apresenta funções específicas que se encontram localizadas na sua estrutura interna, de acordo com as necessidades do utilizador, como, por exemplo, funções de controlo da proliferação/aparecimento de micro organismos causadores de infecções e micoses, regulação da humidade e controlo da temperatura. Assim, esta peça, produzida em malha de dupla face vanizada, apresenta uma face exterior com funcionalidade estética e uma face interior que desempenha as diversas funções que contribuem para a maximização do conforto do utilizador durante o uso, sendo as duas faces produzidas simultaneamente.

Design of multifunctional weft-knitted fabrics for sport clothing

ABSTRACT

The efforts realized by the human body during physical activities leads to sweat generation and tiredness affecting directly the athlete performance. Science and technology have been developing different products for the sport field with a wide range of characteristics and properties aiming the maximization of the athlete performance. Sport clothing plays an important role concerning this task, once parameters like weight, heat and moisture transfer and the structure may represent the difference between loose or win. Sport clothing imparting the athlete movements, adhering to the human body or diminishing the comfort feeling will decrease the chances to win.

In this context, the main objective of this research work is the optimization of the total design of sport clothing for professional athletes applied to the development of a multifunctional T-shirt for professional football players.

Key properties to establish the requirements of fibers and textile structures for intermittent sports, like football, have been identified. The specifications of the multifunctional T-shirt to be developed have been established based on the analysis of the characteristics and proprieties of the T-shirts existing in the market and on the results obtained in questionnaires applied to professional football players.

In order to study the performance evaluation of knitted fabrics produced with functional fibers based yarns, different single jersey knitted fabrics have been produced combining polyester or polyethylene with bioactive, moisture management and termoregulating functional fibers, in different proportions. Conclusions on the combinations offering better performance have been taken for each property analyzed and, mainly, on the influence of the functional fiber amount on the knitted fabric performance. Besides, a performance evaluation using platted knitted fabrics has been also undertaken using polyester or polypropylene in the outer face and functional fibers in the inner one.

Base on these studies a multifunctional T-shirt for professional football players has been developed based on seamless technology and using the patchwork process in order to place the functional fibers just in the areas where their functionalities are required. This T-shirt presents specific functions in the inner knitted fabric structure according to the needs of the athlete such as microorganism control, temperature regulation and moisture management. The T-shirt, produced in platted jersey, presents an outer face mainly responsible for the aesthetics and an inner face providing several functions to maximize the athlete performance during the activity.

ÍNDICE

Dedicatória	iii
Agradecimentos	v
Resumo	vii
Abstract	ix

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO	1
1.1 Enquadramento do trabalho	1
1.2 Justificação do trabalho	3
1.3 Objectivos	5
1.4 Metodologia adoptada	5
1.5 Estrutura da tese	6

CAPÍTULO 2

ESTADO DA ARTE	9
2.1 O mercado do vestuário desportivo	9
2.1.1 O Mercado desportivo	10
2.1.2 Participação desportiva	14
2.1.3 A Importância das marcas	17
2.2 Materiais usados	20
2.2.1 Fibras e fios	21
2.2.1.1 Fibras de alto desempenho	23
2.2.1.2 Fibras superfínas	24
2.2.1.3 Fibras bicomponentes	26
2.2.1.4 Fibras bioactivas	27
2.2.1.5 Nanotecnologia	29
2.2.2 Melhoria da qualidade do desempenho	33
2.2.2.1 Controlo da humidade	33
2.2.2.2 Controlo da temperatura: os tecidos termoreguladores	35
2.2.2.3 Elasticidade	38
2.2.2.4 Respirabilidade e impermeabilidade à água	39
2.2.2.5 Alta resistência e durabilidade combinadas com o conforto	40
2.2.2.6 Tecnologia Vestível	41
2.2.3 Estruturas Têxteis	43
2.2.3.1 Estruturas têxteis convencionais	43
2.2.3.2 Estruturas têxteis 3D	45
2.2.3.3 Estruturas orientadas direccionalmente	46
2.2.3.4 Estruturas híbridas	47
2.3 Abordagens de investigação – conforto térmico versus transferências de calor e humidade	49
2.3.1 Resumo histórico	49
2.3.2 Transferência de calor	51
2.3.2.1 Manequim térmico	53
2.3.2.2 Togmeter	54
2.3.3 Transferência de humidade	55

2.3.3.1	Wetting ou molhagem	56
2.3.3.2	Wicking ou capilaridade	57
2.3.4	Conforto sensorial versus transferências de calor e humidade	59
2.4	Conceitos associados à teoria do conforto	62
2.4.1	Conceitos fundamentais	63
2.4.2	Metodologia de Fanger	64
2.4.3	Conforto e vestuário	67
2.5	Fisiologia do exercício e conforto	72
2.5.1	Processo de percepção do conforto	72
2.5.2	Equilíbrio térmico	73
2.5.2.1	Pele	76
2.5.2.2	Mecanismos neurológicos	77
2.5.2.3	Fisiologia do exercício físico	79
2.5.2.4	Mecanismo de sudação	83
2.6	Evolução do vestuário desportivo – a estratégia das marcas	86
2.6.1	Introdução	86
2.6.1.1	Adidas	87
2.6.1.2	Nike	89
2.6.1.3	Puma	90
2.7	Desenvolvimento de produto	92
2.7.1	Projecto de desenvolvimento de produto	92
2.7.2	Design	94
2.7.3	O Produto	97
2.7.3.1	Malha – o tecido do desporto	100
2.7.3.2	O processo Seamless – a malha como segunda pele	101
CAPÍTULO 3		
AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE T-SHIRTS PARA A PRÁTICA		
DE FUTEBOL		
		105
3.1	Avaliação do desempenho de T-shirts actualmente utilizadas em	105
	futebol	
3.1.1	Caracterização dos materiais	106
3.1.1.1	Debuxo	107
3.1.2	Propriedades dimensionais	108
3.1.3	Resultados obtidos	109
3.1.3.1	Propriedades de regulação da humidade	109
3.1.3.2	Propriedades térmicas	112
3.1.3.3	Permeabilidade	115
3.1.3.4	Propriedades físicas	116
3.1.3.5	Resistência multidireccional	118
3.2	Conclusões	120
CAPÍTULO 4		
INQUÉRITOS APLICADOS A JOGADORES DE FUTEBOL		
PROFISSIONAL		
		123
4.1	Objectivo	123
4.2	Desenvolvimento do inquérito	123
4.3	Metodologia de aplicação do inquérito	124
4.3.1	Caracterização da T-shirt analisada	125
4.4	Resultados	126
4.4.1	Análise dos resultados obtidos	126

4.4.1.1	Características da população	126
4.4.1.2	Desempenho funcional das T-shirts	127
4.5	Conclusões	141
CAPÍTULO 5		
ANÁLISE DO DESEMPENHO DE MALHAS PRODUZIDAS COM FIBRAS FUNCIONAIS		143
5.1	Materiais	144
5.1.1	Fibras e fios	144
5.1.2	Malhas	147
5.2	Ensaio realizado	149
5.3	Resultados obtidos	150
5.3.1	Combinações com Poliéster (PES)	150
5.3.1.1	Propriedades de regulação da humidade	150
5.3.1.2	Propriedades térmicas	161
5.3.1.3	Permeabilidade	163
5.3.1.4	Propriedades físicas	166
5.3.2	Combinações com Polipropileno (PP)	168
5.3.2.1	Propriedades de regulação da humidade	168
5.3.2.2	Propriedades térmicas	178
5.3.2.3	Permeabilidade	179
5.3.2.4	Propriedades físicas	182
5.4	Análise e discussão dos resultados	184
5.4.1	Propriedades de regulação da humidade	185
5.4.1.1	Capilaridade horizontal	186
5.4.1.2	Capilaridade vertical	187
5.4.1.3	Perda de humidade	189
5.4.2	Propriedade térmica	190
5.4.2.1	Condutividade térmica	190
5.4.3	Propriedade física	191
5.4.3.1	Cair	191
5.5	Conclusões	192
CAPÍTULO 6		
ANÁLISE DAS PROPRIEDADES DE MALHAS FUNCIONAIS DE DUPLA FACE		193
6.1	Materiais	194
6.1.1	Fibras e fios	194
6.1.2	Malhas	196
6.2	Ensaio realizado	198
6.3	Resultados obtidos	199
6.3.1	Combinações com Poliéster trilobal flat (PES)	199
6.3.1.1	Propriedades de regulação da humidade	199
6.3.1.2	Propriedades térmicas	204
6.3.1.3	Permeabilidade	206
6.3.1.4	Propriedades físicas	207
6.3.2	Combinações com Polipropileno (PP)	209
6.3.2.1	Propriedades de regulação da humidade	209
6.3.2.2	Propriedades térmicas	214
6.3.2.3	Permeabilidade	216
6.3.2.4	Propriedades físicas	217

6.4 Análise e discussão dos resultados	219
6.4.1 Propriedades de regulação da humidade	219
6.4.1.1 Capilaridade horizontal	219
6.4.1.2 Capilaridade vertical	220
6.4.1.3 Perda de humidade a 20°C	220
6.4.2 Propriedade física	221
6.4.2.1 Cair	221
6.5 Conclusões	222
CAPÍTULO 7	
DESENVOLVIMENTO DE T-SHIRTS MULTIFUNCIONAIS PARA FUTEBOL PROFISSIONAL	225
7.1 Desenvolvimento de protótipo	225
7.1.1 Requisitos	225
7.1.2 Design proposto	227
7.1.3 Tecnologia do fabrico	228
7.1.4 Ficha técnica de produção da T-shirt	229
7.1.5 Descrição detalhada da peça	230
7.1.6 Design visual do protótipo	232
7.2 Conclusões	233
CAPÍTULO 8	
CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS	235
8.1 Conclusões	235
8.2 Perspectivas futuras	237
REFRÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	239
WEBGRAFIA	251
ANEXOS	255
ANEXO I – Futebol – Uma paixão mundial, uma história a contar	i
ANEXO II – Cronologia dos índices térmicos	xxi
ANEXO III – Resistência térmica do vestuário	xxiii
ANEXO IV – Capilaridade vertical e capilaridade horizontal	xxv
ANEXO V – Zona de conforto	xxix
ANEXO VI – Conforto sensorial	xxxi
ANEXO VII – Propriedades têxteis	xxxix
ANEXO VIII – Normas e equipamentos	lv
ANEXO IX – Inquérito aplicado	lxi
ANEXO X – Análise estatística	lxv
ANEXO XI – Absorção da gota de água – combinações com PES	xciv

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	– Desfiles de colecções com inspiração nos desportos	13
Figura 2.2	– Material da Fashion V Sport	14
Figura 2.3	– Publicidade de consumo	16
Figura 2.4	– Publicidade de exclusividade	16
Figura 2.5	– Publicidade de solidariedade	16
Figura 2.6	– Secção transversal de fibras bicomponentes	26
Figura 2.7	– Meias com agentes anti microbianos	29
Figura 2.8	– Estrutura de nanopartículas	29
Figura 2.9	– Nano partículas	30
Figura 2.10	– Nano-Care™: tratamento para repelência de líquido	32
Figura 2.11	– NanoSphere	32
Figura 2.12	– Fibra coolmax	34
Figura 2.13	– Fluxo de humidade no vestuário	35
Figura 2.14	– Material com mudança de fase	36
Figura 2.15	– Fibra de viscose Outlast	37
Figura 2.16	– Estrutura têxtil com fibras termoreguladoras	38
Figura 2.17	– Estrutura laminada	40
Figura 2.18	– Comparação de resistência ao desgaste/ciclos de lavagem	41
Figura 2.19	– Peças do vestuário com implementos tecnológicos	42
Figura 2.20	– Tecnologia vestível	43
Figura 2.21	– Estruturas têxteis convencionais	44
Figura 2.22	– Estrutura de malha elástica	44
Figura 2.23	– Estrutura de tecido 3D	46
Figura 2.24	– Estrutura híbrida – processo de construção	48
Figura 2.25	– Estrutura híbrida – vista do produto têxtil	48
Figura 2.26	– Imagens utilizadas em softwares que substituem o manequim térmico	53
Figura 2.27	– Pontos de medição da temperatura local da pele no corpo humano	54
Figura 2.28	– Shirley Togmeter	55
Figura 2.29	– Estado de equilíbrio de uma gota líquida numa superfície sólida	57
Figura 2.30	– Equipamento que testa o micro ambiente do tecido (suor latente)	60
Figura 2.31	– Medidor de temperatura e pele artificial utilizada por Mayer	61
Figura 2.32	– Foto e esquema do Skin-Model	62
Figura 2.33	– Esquema da percepção do conforto	72
Figura 2.34	– Interação térmica homem e ambiente	75
Figura 2.35	– Estrutura da pele humana	77
Figura 2.36	– Mecanismos de produção e dissipação de calor	78
Figura 2.37	– Efeito da temperatura hipotalâmica na produção de suor	84
Figura 2.38	– T-shirt Adidas com tecnologia Techfit®	88
Figura 2.39	– T-shirt Nike com a tecnologia Dri-Fit®	90

Figura 2.40	– T-shirt Puma da linha PumaCat®	91
Figura 3.1	– T-shirts analisadas	106
Figura 3.2	– Estrutura das malhas das T-shirts ensaiadas	108
Figura 3.3	– Capilaridade horizontal	109
Figura 3.4a	– Capilaridade vertical – colunas	110
Figura 3.4b	– Capilaridade vertical – fileiras	110
Figura 3.5a	– Perda de humidade a 20°C	111
Figura 3.5b	– Perda de humidade a 35°C	111
Figura 3.6	– Permeabilidade ao ar	116
Figura 3.7	– Coeficiente de cair	117
Figura 3.8	– Coeficiente de rigidez à flexão	117
Figura 3.9a	– Pressão ao rebentamento multidireccional	118
Figura 3.9b	– Distensão no rebentamento multidireccional	119
Figura 3.10	– Relação pressão vs resistência multidireccional	119
Figura 4.1	– T-shirts utilizadas pelo Sporting Clube de Braga, Rio Ave Futebol Clube e Universidade do Minho	125
Figura 4.2	– Estrutura do tecido de malha da T-shirt	125
Figura 4.3a	– Variação do grau de conforto ao vestir a T-shirt	127
Figura 4.3b	– Variação do grau de conforto após a utilização da T-shirt	127
Figura 4.4a	– Utilização da T-shirt interior	128
Figura 4.4b	– Justificação da utilização da T-shirt interior	128
Figura 4.5a	– Sensação de absorção do suor pela T-shirt	129
Figura 4.5b	– Sensação de não absorção do suor na frente da T-shirt	129
Figura 4.5c	– Sensação de não absorção do suor nas costas da T-shirt	130
Figura 4.6	– Zonas de maior produção de suor	131
Figura 4.7a	– Percepção da T-shirt colar ao peito	132
Figura 4.7b	– Percepção da T-shirt colar às costas	132
Figura 4.8a	– Percepção de frio	133
Figura 4.8b	– Percepção de calor	133
Figura 4.9	– Razões do rasgo da T-shirt	134
Figura 4.10	– Sensação de secagem da T-shirt	135
Figura 4.11	– Sensação quanto ao peso da T-shirt	135
Figura 4.12a	– Partes da T-shirt que incomodam	136
Figura 4.12b	– Costuras da T-shirt que incomodam	136
Figura 4.13	– Sensação da T-shirt quanto à flexibilidade	137
Figura 4.14	– Sensação da T-shirt quanto ao toque	137
Figura 4.15	– Design visual da T-shirt	138
Figura 4.16	– Influência da T-shirt no desempenho do atleta	139
Figura 4.17	– Satisfação geral dos atletas perante as T-shirts	139
Figura 4.18	– Possibilidade de melhoria das T-shirts	140
Figura 4.19	– Sugestões de melhorias das T-shirts	140
Figura 5.1a	– Imagens microscópicas da secção transversal das fibras utilizadas	146
Figura 5.1b	– Imagens microscópicas da vista longitudinal das fibras utilizadas	146

Figura 5.2	– Capilaridade horizontal PES/PBT	150
Figura 5.3a	– Capilaridade vertical - Colunas – PES/PBT	151
Figura 5.3a	– Capilaridade vertical - Fileiras – PES/PBT	151
Figura 5.4	– Capilaridade horizontal PES/AQT	152
Figura 5.5a	– Capilaridade vertical - Colunas – PES/AQT	152
Figura 5.5b	– Capilaridade vertical - Fileiras – PES/AQT	152
Figura 5.6	– Capilaridade horizontal PES/BA	153
Figura 5.7a	– Capilaridade vertical - Colunas – PES/BA	153
Figura 5.7b	– Capilaridade vertical - Fileiras – PES/BA	153
Figura 5.8	– Capilaridade horizontal PES/OUT	154
Figura 5.9a	– Capilaridade vertical - Colunas - PES/OUT	155
Figura 5.9b	– Capilaridade vertical - Fileiras - PES/OUT	155
Figura 5.10	– Capilaridade horizontal PES/DR	156
Figura 5.11a	– Capilaridade vertical - Colunas – PES/DR	156
Figura 5.11b	– Capilaridade vertical - Fileiras – PES/DR	156
Figura 5.12a	– Perda de humidade a 20°C – PES/PBT	157
Figura 5.12b	– Perda de humidade a 35°C – PES/PBT	157
Figura 5.13a	– Perda de humidade a 20°C – PES/AQT	158
Figura 5.13b	– Perda de humidade a 35°C – PES/AQT	158
Figura 5.14a	– Perda de humidade a 20°C – PES/BA	159
Figura 5.14b	– Perda de humidade a 35°C – PES/BA	159
Figura 5.15a	– Perda de humidade a 20°C – PES/OUT	160
Figura 5.15b	– Perda de humidade a 35°C – PES/OUT	160
Figura 5.16a	– Perda de humidade a 20°C – PES/DR	161
Figura 5.16b	– Perda de humidade a 35°C – PES/DR	161
Figura 5.17	– Condutividade térmica	162
Figura 5.18	– Permeabilidade ao vapor de água	164
Figura 5.19	– Permeabilidade ao ar	165
Figura 5.20	– Coeficiente de cair	166
Figura 5.21	– Coeficiente de rigidez à flexão	167
Figura 5.22	– Capilaridade horizontal PP/PBT	168
Figura 5.23a	– Capilaridade vertical – Colunas – PP/PBT	169
Figura 5.23b	– Capilaridade vertical – Fileiras – PP/PBT	169
Figura 5.24	– Capilaridade horizontal PP/AQT	170
Figura 5.25a	– Capilaridade vertical – Colunas – PP/AQT	170
Figura 5.25b	– Capilaridade vertical – Fileiras – PP/AQT	170
Figura 5.26	– Capilaridade horizontal PP/BA	171
Figura 5.27a	– Capilaridade vertical – Colunas – PP/BA	171
Figura 5.27b	– Capilaridade vertical – Fileiras – PP/BA	171
Figura 5.28	– Capilaridade horizontal PP/OUT	172
Figura 5.29a	– Capilaridade vertical – Colunas – PP/OUT	172
Figura 5.29b	– Capilaridade vertical – Fileiras – PP/OUT	172
Figura 5.30	– Capilaridade horizontal PP/DR	173
Figura 5.31a	– Capilaridade vertical – Colunas – PP/DR	173

Figura 5.31b	– Capilaridade vertical – Fileiras – PP/DR	173
Figura 5.32a	– Perda de humidade a 20°C – PP/PBT	174
Figura 5.32b	– Perda de humidade a 35°C – PP/PBT	174
Figura 5.33a	– Perda de humidade a 20°C – PP/AQT	175
Figura 5.33b	– Perda de humidade a 35°C PP/AQT	175
Figura 5.34a	– Perda de humidade a 20°C PP/BA	176
Figura 5.34b	– Perda de humidade a 35°C PP/BA	176
Figura 5.35a	– Perda de humidade a 20°C PP/OUT	176
Figura 5.35b	– Perda de humidade a 35°C PP/OUT	176
Figura 5.36a	– Perda de humidade a 20°C PP/DR	177
Figura 5.36b	– Perda de humidade a 35°C PP/DR	177
Figura 5.37	– Condutividade térmica	179
Figura 5.38	– Permeabilidade ao vapor de água	180
Figura 5.39	– Permeabilidade ao ar	182
Figura 5.40	– Coeficiente do cair	183
Figura 5.41	– Coeficiente de rigidez à flexão	184
Figura 6.1a	– Imagens microscópicas da secção transversal das fibras	195
Figura 6.1b	– Imagens microscópicas da vista longitudinal das fibras utilizadas	195
Figura 6.2	– Estrutura da malha jersey vanizado	197
Figura 6.3a	– Capilaridade horizontal - face exterior	199
Figura 6.3b	– Capilaridade horizontal - face interior	200
Figura 6.4a	– Capilaridade vertical - colunas	201
Figura 6.4b	– Capilaridade vertical - fileiras	201
Figura 6.5	– Tempo de absorção da gota de água	202
Figura 6.6a	– Perda da humidade a 20°C	203
Figura 6.6b	– Perda da humidade a 35°C	203
Figura 6.7a	– Resistência térmica - manequim térmico	204
Figura 6.7b	– Resistência térmica - togmeter	205
Figura 6.8a	– Unidade Clo	205
Figura 6.9	– Permeabilidade ao vapor de água	206
Figura 6.10a	– Permeabilidade ao ar	207
Figura 6.10b	– Permeabilidade ao ar vs espessura	207
Figura 6.11	– Cair	208
Figura 6.12	– Rigidez à flexão	208
Figura 6.13a	– Capilaridade horizontal - face exterior	209
Figura 6.13b	– Capilaridade horizontal - face interior	210
Figura 6.14a	– Capilaridade vertical – colunas	210
Figura 6.14b	– Capilaridade vertical - fileiras	211
Figura 6.15	– Tempo de absorção da humidade	212
Figura 6.16a	– Perda da humidade a 20°C	213
Figura 6.16b	– Perda da humidade a 35°C	214
Figura 6.17a	– Resistência térmica -manequim térmico	215
Figura 6.17b	– Resistência térmica – togmeter	215

Figura 6.18	– Permeabilidade ao vapor de água	216
Figura 6.19	– Permeabilidade ao ar	217
Figura 6.20	– Cair	217
Figura 6.21	– Rigidez à flexão	218
Figura 7.1	– Design proposto da T-shirt (visão frontal e visão posterior)	227
Figura 7.2	– Ficha técnica	229
Figura 7.3	– Design visual da T-shirt protótipo (visão frontal e visão posterior)	232
Figura 7.3	– T-shirts comercializadas	233

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1	– Propriedades mecânicas de fibras sintéticas usadas em artigos desportivos	23
Quadro 2.2	– Classificação das fibras de acordo com o diâmetro	25
Quadro 2.3	– Comparação entre as fibras de PLA, nylon e poliéster	27
Quadro 2.4	– Nanofibras e suas utilizações	31
Quadro 2.5	– Estruturas de malhas para fins funcionais	45
Quadro 2.6	– Estruturas orientadas direccionalmente	47
Quadro 2.7	– Escala de sensação de conforto por Fanger	64
Quadro 2.8	– Isolamento térmico para peças de roupa	68
Quadro 2.9	– Condições térmicas de conforto	71
Quadro 2.10	– Alterações fisiológicas do exercício	80
Quadro 2.11	– Calorias gastas em diversas actividades por pessoa pesando 70Kg	81
Quadro 2.12	– Tipos de projecto de desenvolvimento de produtos baseados na inovação	93
Quadro 3.1	– Propriedades dimensionais	108
Quadro 3.2	– Propriedades térmicas obtidas no aparelho togmeter	113
Quadro 3.3	– Propriedades térmicas obtidas no manequim térmico	114
Quadro 3.4	– Permeabilidade ao vapor de água	115
Quadro 4.1	– Caracterização da população (amostra)	126
Quadro 5.1	– Características das fibras utilizadas	145
Quadro 5.2	– Fios utilizados no trabalho experimental	147
Quadro 5.3	– Especificações das malhas produzidas com PES	148
Quadro 5.4	– Especificações das malhas produzidas com PP	149
Quadro 5.5	– Propriedades térmicas	162
Quadro 5.6	– Permeabilidade ao vapor de água	163
Quadro 5.7	– Permeabilidade ao ar	165
Quadro 5.8	– Propriedades térmicas	178
Quadro 5.9	– Permeabilidade ao vapor de água	180
Quadro 5.10	– Permeabilidade ao ar	181
Quadro 6.1	– Fibras utilizadas no trabalho experimental	194
Quadro 6.2	– Fios utilizados no trabalho experimental	196
Quadro 6.3	– Definição das malhas	197
Quadro 6.4	– Propriedades dimensionais das malhas	198
Quadro 7.1	– Requisitos e recursos para a multifuncionalidade da T-shirt	226

CAPÍTULO 1

Introdução

1.1 ENQUADRAMENTO DO TRABALHO

O crescente nível de exigência do mercado consumidor, a maior quantidade de informação disponível e o avanço da tecnologia, entre outros factores, forçam a indústria, de um modo geral, a procurar inovações que não satisfaçam apenas os anseios e desejos do consumidor, mas que, preferencialmente, se antecipem a estes.

O sector têxtil, não podendo alhear-se desta realidade, tem procurado continuamente apresentar produtos que, muitas vezes, ultrapassam as expectativas do utilizador.

Considerando o conceito de funcionalidade amplamente difundido, são diversos os produtos que aliam estética e funcionalidade, inovação e tecnologia acompanhando as tendências da moda, onde todas as abordagens do design são aplicadas e oferecem ao utilizador artigos com os quais este se sente bem, seja no dia a dia, seja em momentos específicos.

Contributos interessantes e que se destacam, são o desenvolvimento de artigos para utilização em condições específicas, tais como situações climatéricas extremas,

nomeadamente os artigos termoreguladores, os que garantem bioactividade, como também, a protecção contra raios UVA e UVB. Os recentes desenvolvimentos nos materiais em geral, e nos materiais fibrosos em particular, colocaram à disposição do designer um leque bastante alargado de opções de desenvolvimento de produtos baseados em fibras, fazendo apelo à sua criatividade e facilidade de integração em equipas multidisplinares, no sentido de desenvolver o produto certo para o consumidor mais indicado.

É natural associar-se o estudo da tecnologia têxtil a produtos de vestuário de moda. No entanto, existem outros sectores, não necessariamente de moda, com extrema importância tal como o sector do vestuário para o desporto activo, que tem apresentado evoluções relevantes relativamente ao conforto, ao bem estar e ao desempenho do atleta.

Neste contexto, o segmento desportivo tem beneficiado e absorvido os têxteis tecnológicos com maior intensidade que outros segmentos, proporcionando aos atletas melhor desempenho profissional, tornando o segmento mais competitivo e capaz de conquistar novos nichos de mercado. Desta forma, pode afirmar-se que o desporto constitui um segmento de elevada importância do sector têxtil uma vez que envolve, para além dos desportistas, os adeptos e o utilizador comum que utilizam na rua peças do vestuário destinadas à prática desportiva. O futebol destaca-se neste sentido, por ser uma modalidade bastante difundida em todo o mundo.

O futebol é praticado em mais de 200 países, sendo considerada a modalidade que concentra o maior número de adeptos, em todo o mundo. Praticado pelo menos desde 2697 AC, iniciou-se como uma actividade de lazer e evoluiu até atingir as regras actualmente conhecidas e praticadas. O desenvolvimento do equipamento desportivo acompanhou essa evolução e está intrinsecamente vinculado à actividade, aos atletas, praticantes, adeptos e simpatizantes. A sua presença como um atractivo com as suas formas e cores fazem com que, dependendo do local e da época, se constitua, também, como peça do vestuário quotidiano.

O desenvolvimento de peças de vestuário desportivo, nomeadamente a T-shirt para a actividade futebolística, insere-se na concepção de vestuário que fornece maior conforto

ao atleta durante a actividade desportiva e, conseqüentemente, o leve ao melhor desempenho profissional, pela incorporação de fibras e estrutura avançadas.

1.2 JUSTIFICAÇÃO DO TRABALHO

A interligação de diversas áreas com o sector têxtil, proporcionou uma transdisciplinaridade de conhecimentos em que não existe, praticamente, nenhuma disciplina científica que não contribua para o desenvolvimento de novos produtos e processos.

Os centros de investigação e o mercado têm caminhado, cada vez mais, conjuntamente no sentido de desenvolver produtos inovadores com fundamentação científica num leque alargado de segmentos. No campo desportivo, a produção de equipamentos, acessórios e peças do vestuário é continuamente aperfeiçoada a partir do trabalho conjunto entre a investigação e a produção, incluindo o marketing, ferramenta fundamental para a divulgação e a credibilidade do produto.

No sector têxtil e de confecção, a preocupação gira em torno do eixo homem – vestuário – meio ambiente. Considerado um sistema, os três aspectos têm influência entre si, interagindo no que vai gerar a sensação de conforto ou desconforto do homem.

Determinadas reacções fisiológicas dos humanos são regidas pelo sistema termoregulador do corpo e dependem directamente das condições a que este é submetido. A combinação dessas reacções influencia directamente o sistema termoregulador que trabalha para a manutenção do equilíbrio térmico do corpo humano.

As características do vestuário são determinantes na sensação de conforto. As propriedades de transferência de calor e humidade dos têxteis são factores que afectam o conforto e podem determinar a eficácia da funcionalidade que o produto pretende oferecer. Neste contexto, este trabalho direcciona-se para o estudo e utilização destas propriedades no sentido de contribuir e oferecer o melhor conforto termofisiológico durante a actividade desportiva profissional.

Sabendo que para o vestuário desportivo é indispensável um produto que corresponda às necessidades específicas do desportista e uma vez que durante as actividades desempenhadas são muitas as reacções fisiológicas do corpo humano, constatou-se que uma combinação de fibras que actuassem pontualmente em resposta a essas reacções fisiológicas seria de extrema importância. Desta forma, decidiu-se optar pela investigação relativa ao desenvolvimento de T-shirts para jogadores de futebol profissional.

No mercado desportivo, tem-se destacado, nos últimos tempos, o desenvolvimento de artigos de vestuário para segmentos específicos, nomeadamente para o futebol, tendo sempre em vista a maximização do desempenho do atleta. Das mais recentes inovações, podem citar-se as T-shirts junto ao corpo, sem costura (a junção das partes da peça é feita por termocolagem) e produzidas com materiais que favorecem o controlo da humidade. Estas características, para além de satisfazerem e proporcionarem conforto ao utilizador, funcionam igualmente como fortes fontes de estratégias de marketing, publicidade e venda.

A última geração de materiais fibrosos oferece características importantes para obtenção do objectivo proposto neste trabalho, contudo, a sua utilização não tem sido efectuada de forma optimizada. No sentido de aumentar a eficiência, o valor comercial e reduzir custos de comercialização, torna-se importante aplicar os conceitos de “patchwork” e racionalização, optimizando o desempenho destes materiais fibrosos funcionais. Importa também utilizar técnicas de produção inovadoras que maximizem o seu desempenho e, conseqüentemente, o dos atletas durante a competição, eliminando operações adicionais no processo de produção que, muitas vezes, criam áreas de desconforto no contacto com o corpo humano.

A análise bibliográfica efectuada permitiu concluir que os estudos científicos publicados sobre a temática da utilização de fibras funcionais em vestuário desportivo são bastante escassos e raramente apontam para conclusões claras que ajudem o designer a decidir acerca da distribuição das fibras no produto. Neste contexto, este trabalho pretende igualmente contribuir para um melhor conhecimento acerca do desempenho de fibras com funções específicas, principalmente no que concerne à interacção entre as diversas funcionalidades e a optimização de misturas de fibras funcionais numa mesma peça de

vestuário. Esta interface constitui, enfim, no conceito de otimização do design total de um produto do vestuário desportivo.

1.3 OBJECTIVOS

O processo utilizado caracteriza-se pela ‘resolução construtiva da superfície têxtil’, na qual são considerados os aspectos morfológicos e funcionais que se pretende dar ao produto, os quais intervêm na relação interior-exterior de uma peça do vestuário. Os aspectos morfológicos estão ligados à estrutura do corpo em relação às reacções fisiológicas, enquanto que os aspectos funcionais são relativos às funções que se pretende colocar na peça em concordância com essas reacções.

O presente trabalho de investigação tem como principal objectivo a otimização do design total de peças de vestuário desportivo para atletas profissionais, prevendo a sua aplicação ao desenvolvimento de uma T-shirt multifuncional para jogadores de futebol profissional. Assim, para além deste objectivo de âmbito geral, o trabalho envolve ainda os seguintes objectivos específicos:

- análise do desempenho de T-shirts utilizadas actualmente por jogadores de futebol profissional;
- estudo sobre as funcionalidades necessárias numa T-shirt para a prática de futebol;
- análise da influência de cada uma das funcionalidades a inserir, no desempenho da T-shirt, tendo em consideração as diferentes propriedades que influenciam a sua performance;
- estudo de tecnologias capazes de distribuir funcionalidades apenas nas áreas necessárias;
- avaliação global da T-shirt desenvolvida.

1.4 METODOLOGIA ADOPTADA

O design de produtos é um meio de obter vantagem competitiva. A combinação de aspectos funcionais com aspectos estéticos e estruturais agrega a um produto factores que o identificam e o distinguem dos demais.

Assim, o processo de investigação deste trabalho constituiu numa sequência que abrange etapas de conhecimento, estruturação, desenvolvimento e validação das ideias. Neste contexto, as fases seguintes compreenderam a metodologia adoptada, no sentido de maximizar o design total do objecto de estudo – uma T-shirt desportiva multifuncional:

- Identificação do material existente no mercado, suas propriedades e características;
- Aplicação de inquéritos a jogadores de futebol profissional
- Selecção das fibras e preparação das malhas a ensaiar,
- Produção das malhas definidas pelos ensaios na estrutura determinada (vanizada) e avaliação dos parâmetros citados anteriormente;
- Avaliação dos parâmetros pré-determinados dentro das funcionalidades requeridas (capilaridade, permeabilidade, condutibilidade, flexibilidade e cair);
- Produção da T-shirt multifuncional;
- Avaliação e interpretação dos resultados

1.5 ESTRUTURA DA TESE

A estrutura da tese foi concebida de modo a simplificar a sua leitura e está dividida em oito capítulos. Neste **primeiro capítulo** é feita uma introdução com apresentação da justificação, enquadramento, objectivos e metodologia adoptada no trabalho.

O **Capítulo 2** é dedicado ao estado da arte, em que é descrito o mercado desportivo, os materiais usados e efectuada uma análise crítica relativamente aos trabalhos de investigação já publicados neste domínio. Conta ainda com a descrição do conceito de conforto, fisiologia do exercício e a evolução do que as marcas têm produzido.

No **Capítulo 3** inicia-se a descrição do processo experimental, onde se apresenta o desempenho de T-shirts de futebol existentes, a identificação das características e propriedades.

O **Capítulo 4** contém os procedimentos relativos à aplicação dos inquéritos dos jogadores de futebol profissional, respectivos resultados e conclusões.

No **Capítulo 5** é apresentado um estudo sobre a influência da funcionalidade das fibras no desempenho das malhas, no que concerne às propriedades relevantes para a aplicação em causa.

O **Capítulo 6** descreve o estudo realizado com malhas funcionais dupla face produzidas em tear seamless, com estrutura jersey vanizado, abordando as mesmas propriedades analisadas no capítulo anterior.

O **Capítulo 7** apresenta o desenvolvimento das T-shirts multifuncionais.

Finalmente, no **Capítulo 8** são apresentadas as principais conclusões e potenciais perspectivas futuras desta investigação.

CAPÍTULO 2

Estado da arte

2.1 O MERCADO DO VESTUÁRIO DESPORTIVO

As tendências de evolução em torno do comércio, do negócio, da arte, da cultura, da ciência, da tecnologia e de outras áreas do conhecimento, moldará o futuro dos produtos têxteis. No sector do desporto, destacam-se o vestuário, o calçado e os acessórios, como os principais artigos têxteis utilizados. O desenvolvimento destes deve ter em consideração alguns pontos fundamentais:

- As economias avançadas tendem a concentrar-se no desenvolvimento e produção de artigos personalizados diferenciados, inovadores e sofisticados, requerendo mudanças radicais na forma como os produtos são desenvolvidos, produzidos e comercializados;
- A multidisciplinaridade no desenvolvimento de produtos têxteis, objecto de trabalho em equipa, que favorece a produção de artigos de valor acrescentado, sofisticados e inovadores devendo atingir a excelência na combinação perfeita entre a estética e a funcionalidade.
- Materiais baseados em fibras com propriedades muito especiais e únicas (cair, flexibilidade, elevado factor resistência/peso, conformabilidade), em investigação contínua;

- Produtos têxteis activos e multifuncionais que substituirão, em breve, os produtos mais tradicionais, abrindo a porta à inovação, fazendo com que o vestuário possa estimular, monitorizar e controlar muitas funções vitais, contribuindo assim para melhorias significativas da qualidade de vida;
- A globalização do mercado têxtil, que vem aglutinar todos os pontos anteriormente mencionados.

Em virtude de um conjunto de factores que exercem grande pressão sobre a competitividade das empresas, e em particular do sector têxtil e do vestuário, estas enfrentam uma combinação de novos desafios, tais como [1, 2]:

- Exposição a pressões de outras partes da cadeia de oferta;
- Globalização da concorrência;
- Maturidade da procura;
- Emergência de clientes cada vez mais exigentes;
- Desregulamentação;
- Mudanças rápidas nas tecnologias.

Considerando-se que ser competitivo reside na capacidade de fazer as coisas de forma diferente, de modo a não serem facilmente imitadas pelos concorrentes, as empresas têm-se empenhado constantemente neste processo, de maneira a se manterem no mercado. Isto significa a reinvenção contínua de produtos e serviços, utilizando o elevado potencial de conhecimento, competências e experiências da forma mais imaginativa e eficaz. A junção entre a ciência e a tecnologia proporciona o lançamento de artigos com desempenho superior ao dos produtos já existentes no mercado. A permanência da empresa nesse mercado implica igualmente uma mudança nas dimensões intangíveis de competitividade, tais como o serviço ao cliente (antes, durante e após a venda), reputação e talento geral na forma como tudo é feito e apresentado [3, 4].

2.1.1 O Mercado desportivo

O mercado desportivo não abrange apenas produtos ao nível da prática profissional. Na realidade este vinha a ser, até a década de 1980, o foco principal de industrialização e comercialização. Entretanto, desde então, ocorreu o incentivo à prática de actividades físicas e

ao uso de peças do vestuário desportivo no dia a dia, passando estas a fazer parte do guarda-roupa de pessoas comuns. Dessa forma, alargou-se imensuravelmente este mercado, abrangendo o vestuário desportivo no segmento *streetwear*, aquele da rotina, para trabalho, lazer, e outras situações usuais. Surgiram outros segmentos como o *skateswear* e o *beachwear*, entre outros, que apresentam peças que podem ser usadas tanto na prática desportiva quanto no uso diário [5, 6].

A abertura nestes segmentos propiciou o crescimento e, conseqüentemente, a grande representatividade do mercado na economia mundial, sendo que o mercado do desporto representa 3% do comércio mundial [6, 7]. De acordo com David Rigby Associates citado por Shishoo [1], o consumo de têxteis no sportswear e em produtos e equipamentos tem tido um aumento significativo, apresentando uma perspectiva de aumento em torno de 36% entre os anos de 2005 e 2010. Especificamente o mercado europeu do futebol registou, na época de 2006-2007, um crescimento superior a mil milhões de dólares, atingindo o valor de 13,6 mil milhões (http://www.deloitte.com/dtt/press_release/0,1014,cid%253D208302,00.html).

Segundo o Parlamento Europeu, o "merchandising" desportivo e a produção de artigos de desporto representam mil milhões de euros por ano, o equivalente a produção de 40 milhões de bolas de futebol por ano (http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2004_2009/documents/ad/641/641244/641244pt.pdf).

Existe uma grande discussão acerca do que realmente pode ser classificado como mercado do vestuário desportivo, uma vez que são muito variadas as suas utilizações: "vestuário desportivo – todo o vestuário que foi especialmente concebido para actividades desportivas" [8: 1]. Entretanto, considere-se que vários destes artigos podem ser usados no lazer, sendo que muitas empresas desenvolvem produtos com design desportivo, assim como há outras que inicialmente se direccionavam para vestuário definitivamente desportivo, e que passaram a contemplar actividades de lazer, tornando, assim, difícil a sua definição. Sá e Sá comentam que a componente lazer não se dissocia facilmente de uma actividade de desporto [6].

Para que seja possível avaliar o volume de negócios do mercado desportivo, e para que estes se apresentem mais próximos da realidade, são utilizadas categorias de produtos específicos ligados directamente às actividades desportivas, tais como calçados, equipamentos, vestuário

e outros. Convém ressaltar que este volume engloba vendas para atletas profissionais, amadores e a população em geral, percebendo-se a tendência da prática destas actividades por pessoas comuns e também pelo uso diário deste tipo de vestuário [6].

Na tentativa de incrementar a oferta desses artigos, designers e empresas, aliados à ciência e à tecnologia, trabalham na frenética busca de materiais diferenciados para o lançamento de produtos inovadores a fim de conquistar cada vez mais uma clientela sedenta de novidades [9]. Estas novidades não incorporam apenas o aspecto visual; além deste e, acima de tudo, estão a qualidade e a funcionalidade. Estas características têm-se tornado obrigatórias, uma vez que o utilizador se tem mostrado cada vez mais exigente quanto às suas necessidades, passando a adquirir determinados artigos apenas se realmente estes corresponderem às suas expectativas.

Sabe-se que o utilizador final de produtos têxteis no mercado do desporto compreende atletas profissionais e amadores e o público em geral. Diante desta realidade, não são apenas as empresas conhecidas pela produção e comercialização de material desportivo, como *Nike*, *Adidas* e outras, mas grifes igualmente grandes, estilistas e lojas de departamento (magazines, cadeias de lojas), dos quais se pode citar *Diesel e Replay*, *Macqueen*, *Christian Lacroix*, *H&M* e *MacModa* que lançam nas suas colecções artigos inspirados nas actividades desportivas, incluindo peças desde moda casual até artigos de alto luxo. Essa influência ocorre em todos os níveis, abrangendo nichos de mercado de menor e maior poder de compra.

Seguindo a tendência de inovação nos produtos e incremento das vendas, a colecção 2005 da *Adidas*, linha Y3, destinada ao uso casual, foi desenvolvida por Yohji Yamamoto, estilista japonês de renome internacional. Esta colecção funciona como inspiração para roupas confeccionadas para o público em geral. Outros exemplos podem ser citados: na colecção de 2006, Alexander McQueen lançou elementos da sua colecção inspirada nos desportos; na *Moda Lisboa 2006*, Luís Buchinho teve referências no desporto, assim como a TNG na *São Paulo Fashion Week 2006*; e ainda, Stella McCartney em parceria com a *Adidas*, lançou uma colecção exclusiva para a tenista Maria Kirilenko; assim como também outras marcas como a *Dolce & Gabbana*, *Davi Delfín* e *DSquared²*; a Figura 2.1 ilustra alguns destes exemplos. Este

tipo de comportamento mostra o quanto a máquina desportiva mobiliza o mercado da moda (diversos sites¹).



Fig. 2.1 – Desfiles de colecções com inspiração nos desportos

FONTE: Diversos sites²

A moda lançada nas passarelas evoca os desportos e os profissionais. Observa-se, na Figura 2.1, elementos como o boné, a bola, o casaco desportivo e o número 9 no vestuário, numeral que direcciona a um determinado astro do futebol, modalidade desportiva de destaque cujo histórico pode ser visto no Anexo I. Aproveitando-se da fama, da influência que um determinado desporto ou profissional exerce naquele momento sobre uma legião de fãs, as empresas investem nos seus produtos, com um marketing muito forte para atrair vendas com base em tendências que farão alavancar as vendas futuras, uma vez que associar imagem desportiva com moda “está na moda”.

Durante o período de Agosto de 2008 a Janeiro de 2009 acontece a “Fashion V Sport”, no Victoria & Albert Museum, em Londres. Esta exposição explora a conexão criativa entre os mundos da moda e do desporto. Apresenta o modo como os estilos desportivos são adaptados para o mundo da moda, tanto na rua como através da alta-costura e como os produtos desportivos são consumidos, customizados e vestidos. A Figura 2.2 representa o material disponível na Exposição.

^{1,2} <http://www.adidas.com/Y-3/>

<http://nike.com>

<http://www.dw-world.de/dw/article/0,2144,1465674,00.htm>

<http://www.portugaltexil.pt>



Fig. 2.2 – Material da Fashion V Sport

2.1.2 Participação desportiva

A realidade encontrada no segmento da moda demonstra o quanto as diversas modalidades de desporto, os atletas e as empresas direccionadas a uniformes e fatos de treino influenciam e interferem no sector têxtil e do vestuário.

Na última década, o desporto europeu e mundial sofreu profundas transformações. Acredita-se que os valores monetários que envolvem a actividade desportiva sejam um dos aspectos mais marcantes da dinâmica que rege o mercado desportivo, percebendo-se assim, a importância das grandes competições desportivas europeias e mundiais. Abordagens relativas à remuneração de atletas e ao espectáculo de mega eventos reflectem em todo os sectores que, de uma forma ou de outra, estão relacionados com o desporto. A publicidade em torno destes eventos e dos “atletas estrelas” movimenta milhares de euros e a influência que têm sobre a sociedade, em comportamento e atitudes, acabam por se reflectir na comercialização de artigos relacionados com os mesmos (www.portugaltexil.pt).

Quando se faz investigação de materiais, constata-se que há uma grande participação de têxteis técnicos no segmento desportivo. A Rigby Associates (2004), relata que essa participação tende a ser crescente pela evolução da tecnologia e pelas cobranças cada vez maiores da performance dos atletas. Os tecidos de alta performance têm características e propriedades que são desenvolvidas com finalidades específicas, tendo em conta as necessidades de determinadas actividades desportivas [8].

A relevância apresentada por alguns eventos desportivos a nível europeu e mundial, faz com que a concorrência em sediá-los ou patrociná-los seja bastante considerável. Cotas de patrocínio (para o evento, para equipas, para atletas), formas, tamanho e quantidade de publicitação são estratégias de proporcionar ao evento o tamanho que se pretende projectar. A projecção mediática envolve milhares de euros e isso eleva cada vez mais o número de segmentos periféricos que aproveitam para se inserir no mercado desportivo [6].

O desporto envolve um infinito número de sectores que dão suporte à concretização e gestão de carreiras, à relação entre patrocinador e patrocinado, à realização de eventos, à evolução de tecnologias que favorecem a performance do atleta (vestuário, acessórios e equipamentos), aos agentes intervenientes (federações e clubes), e à publicidade. Dentro de cada um desses aspectos, há uma cadeia infinita de empresas a explorar e a trabalhar em produtos e/ou serviços, dependentes do progresso e ascensão do meio desportivo. Como um círculo vicioso, são todas interdependentes [6].

Com relação ao impacto das actividades desportivas sobre a economia, são divulgados valores consideráveis, porque envolvem grandes eventos, grandes competições. De acordo com a Comissão do Mercado Interno e Protecção do Parlamento Europeu (2005), o patrocínio desportivo gera em torno de 15 mil milhões de euros anuais, a venda de bilhetes cerca de 50 mil milhões e os direitos televisivos 42 mil milhões, tornando o desporto dos mais activos sectores de actividade transfronteiriça. Esses valores o representam como uma actividade económica bastante significativa para as regiões de acolhimento. Os veículos de comunicação comercial e promoção são agentes difusores de ideias, comportamentos e atitudes que mobilizam a população, não apenas para o consumo, mas também, como gerador de trabalho e empregos [7].

<http://www.easesport.org/ease/fichiers/File/social-dialogue/sport27092005.pdf>.

As campanhas que envolvem atletas têm um alcance imensurável, sendo portanto, de grande efeito. Os meios de comunicação mostram constantemente campanhas comerciais ou sociais onde atletas altamente conhecidos estão envolvidos, quer seja no apelo ao consumo quer em acções de solidariedade.

Nas Figuras 2.3, 2.4 e 2.5 verificam-se algumas formas de publicidade em torno de atletas profissionais que causam impacto mediático. Na Figura 2.3, observa-se a publicidade

comercial, associando o atleta às características do produto, no caso, o jogador Zinedine Zidane. A Figura 2.4 apresenta publicidade exclusiva. Nesta, os atletas Michael Shumacher e Ronaldo são “pessoas propaganda” apenas daquelas marcas e, a Figura 2.5, apresenta uma publicidade de solidariedade onde o astro Ronaldinho sensibiliza a população pela causa que representa, constituindo-se no marketing social.



Fig. 2.3 – Publicidade de consumo



Fig. 2.4 – Publicidade de exclusividade



Fig. 2.5 – Publicidade de solidariedade

FONTE: sites diversos³

³ <http://www.volvic-na.com/index.html>
http://www.adidas.com/campaigns/verticalsfootball08/content/index.asp?adidas_cc=sg
<http://autosport.ajeiou.pt/gen.pl?p=stories&op=view&fokey=as.stories/53519>
<http://www.nike.com/index.html>

Diante dos factos, constata-se que o mercado desportivo procura ir ao encontro de todos os sectores da população. Relativamente ao vestuário desportivo, este oferece conforto e uma imagem arrojada, características que uma sociedade mais informal pretende conquistar. Mesmo aqueles que não praticam desporto gostam de ter uma imagem desportiva.

Os pré-adolescentes e os adolescentes imitam seus ídolos, especialmente na música e no desporto, e, por isso, não podem deixar de ser atraídos para o consumo. Assim, empresas do segmento desportivo fortalecem a focalização para este nicho específico que irá percorrer no futuro outros segmentos cobertos pela empresa. Para Kotler [10], as empresas inteligentes concentrar-se-ão em produtos ou nichos de mercado e formarão alianças que ultrapassem fronteiras nacionais.

No pólo etário oposto, cada vez mais se percebe que as gerações mais idosas também aderiram à moda desportiva. Todavia, a importância que atribuem às marcas é inferior, não estando tão predispostos a despender grandes quantidades monetárias para utilizar as T-shirts *Nike* ou as sapatilhas *Adidas* ou *Reebok*.

O nível geral de participação desportiva é um factor fundamental para a evolução do mercado. O nível de participação desportivo constitui-se como um factor chave para o crescimento deste mercado (vestuário e calçado desportivo) e, por isso, o incremento da prática desportiva é importante [11]. Contudo, para além da relação entre o número de participantes e a procura de vestuário dum determinado desporto, existem outras variáveis a serem consideradas, tais como a possibilidade do artigo de vestuário ter utilidade noutras actividades, da popularidade e cobertura dos meios de comunicação a um desporto específico, da acção promocional e da moda.

2.1.3 A Importância das marcas

“Boas empresas satisfazem necessidades, ótimas empresas criam mercados”. (Kotler 2005, p. 352).

Inovação e diferenciação com qualidade, excelência tecnológica e respeito pelo consumidor, são características fundamentais para uma empresa que se quer afirmar no mercado. Segundo

Kotler (2005), uma marca forte tem que ter cinco factores determinantes: sugerir fortemente uma ou duas vantagens cruciais, possibilitar a visualização das suas características, trazer à mente determinados atributos, sugerir algo a respeito dos valores da empresa e fazer lembrar a imagem dos seus utilizadores [3].

Para o autor, essas dimensões devem estar em sincronia com o marketing, que tem a função de criar associações mais sólidas para a marca. No sector do desporto, há já algum tempo que as marcas têm parcerias, aliando-se à prática desportiva. Estas incluem desde o controle da imagem e do nível de satisfação do cliente e compará-lo com os dos concorrentes, à monitorização dos progressos e dos problemas que surgem, para manter a fidelização dos clientes. Enfim, marca de confiança é aquela em que os consumidores acreditam [10].

Desde que a *Adidas* e a *Puma* se manifestaram na participação em grandes eventos desportivos, as marcas assumem um papel histórico e impescindível no desenvolvimento do mercado do vestuário desportivo.

A empresa *Puma* investiu em chuteiras estando presente no Mundial de Futebol no Chile em 1962. No entanto, seu reconhecimento só ocorreu no Mundial de Futebol em 1970, no México, quando o Brasil foi campeão mundial e Pelé, eleito o melhor jogador do mundo – usava chuteiras *Puma*. Em 1968 lançou as primeiras sapatilhas com velcron (<http://www.dw-world.de>). Na qualidade de patrocinador, a *Adidas* esteve presente no mundial de futebol de 1974, quando Franz Beckenbauer levanta o troféu da copa e nas Olimpíadas de 1976, leva 220 atletas para Montreal, na Austrália, reforçando “a marca das três barras” (www.adidas.com).

Na década de 1980, a *Nike* e a *Reebok* têm presença significativa em todos os meios. Do meio desportivo, com a massificação de actividades desportivas, as sapatilhas avançam nas ruas, nas noites... em todos os lugares e a qualquer hora. A associação e divulgação de actividades físicas e saúde, o incremento do *fitness* e a moda desportiva alargaram-se para além das sapatilhas, tendo alcançado mercados até então desconhecidos. A década de 1990 foi marcada pela volta da *Adidas*, que retorna com muita força nos patrocínios, na comunicação social e na moda.

Outro facto que favoreceu maiores dimensões do mercado foi que, para os jovens, o facto de usarem determinada marca lhes permite estar sincronizados com as suas referências e, conseqüentemente, com os seus grupos sociais. Certamente que o sucesso duma marca no campo desportivo constitui uma mais valia que deve maximizar-se no mercado da moda desportiva, devendo este sucesso ser largamente promovido para que o público-alvo associe o êxito à própria marca.

Para Ibrahim, Mendes e Tenreiro, (2001), grandes cadeias retalhistas, a partir do vestuário desportivo de moda ou tendência, procuram desenvolver os seus próprios artigos, apesar destes não terem as mesmas especificações e performance técnica dos originais. No entanto, conseguem ir ao encontro das necessidades dos consumidores que não têm grandes exigências desportivas nem de “moda”. Alguns retalhistas procuram desenvolver produtos tecnicamente mais eficientes para actividades fisicamente mais exigentes. Estes produtos constituem, actualmente, uma séria ameaça para as marcas desportivas [11].

Para além destas ameaças, surgem também as sub-marcas de designers, que procuram conceber novos artigos desportivos, entre os quais se destacam Ralph Lauren Polo Sport, Tommy Hilfiger Athletic, DKNY Sport, Versace Sport e Armani Neve. Enquanto outras marcas como Timberland, Gant e Marlboro oferecem produtos que são influenciados pelo design desportivo. Mais ao nível da maior parcela da população, nomeia-se retalhistas como a Zara, a Timberland e a Gant. Muitas empresas controlam cuidadosamente as tendências no mercado dos desportos específicos de forma a tirar vantagens de alguma novidade na procura de categorias específicas de vestuário [13, 14].

Para Kotler (1999), os pequenos retalhistas devem partir para a comercialização especializada ou super especializada, o que permite oferecer a um grupo mais concentrado de clientes uma variedade maior do produto e mais experiência. Outra possibilidade é diferenciar-se pelo serviço oferecido ao cliente, a partir de uma intimidade maior com ele. O pequeno retalhista não pode concorrer com base em custo ou preço, mas em termos de conhecimento mais íntimo dos clientes, melhor serviço e, até mesmo, capacidade de previsão das suas necessidades [10].

Desta forma, tem-se que o desenvolvimento do vestuário desportivo caminha a par com a evolução e a notoriedade das marcas. Sendo as marcas, também, uma garantia de qualidade numa actividade em que a performance e os atributos técnicos são questões essenciais.

O mercado do vestuário desportivo encontra-se em constante expansão, tendo-se em conta que os desportos estão sempre em escala crescente de divulgação e aceitação, e que o segmento de confecção permanece continuamente interligado com actividades físicas [12-14].

Entretanto, retalhistas e empresas menos importantes no panorama mundial, desenvolvem produtos com menores requisitos técnicos mas bastante mais competitivos em termos de preço. Esta questão, conjuntamente com o facto da utilização de mão-de-obra barata em condições degradantes por parte de grandes empresas, está a assumir uma importância política relevante, colocando em causa os resultados futuros das empresas mais importantes deste sector.

O facto de ser um mercado muito dependente da “moda”, quer no estilo de vestuário, quer nos desportos praticados e presenciados, torna-o bastante susceptível. Daí a necessidade das empresas concentrarem a sua estratégia em artigos de maiores possibilidades de comercialização.

Actualmente, o desporto é considerado uma actividade multidimensional uma vez que envolve jogo, competição, movimento, institucionalização, industrialização e comercialização. Consequentemente, o mercado do desporto é cada vez mais amplo, formado por indústrias química, têxtil, de entretenimento, automobilística, comércio real e virtual; e, acima de tudo, dinâmico, tendo que se adaptar com a mesma velocidade às complexidades e mudanças do ambiente social, económico e político. É ainda forte influenciador de comportamento, hábitos e atitudes, constituindo-se sob esse prisma, numa grande máquina transmissora de valores, conceitos e ideais.

2.2 MATERIAIS USADOS

Os materiais têxteis são utilizados em quase todos os tipos de desporto, desde o campismo até ao futebol. As fibras e os tecidos de alto desempenho são cada vez mais utilizados em vestuário desportivo.

Os últimos anos têm sido marcados pelo desenvolvimento de vestuário desportivo com características que permitam aumentar o desempenho dos atletas, como por exemplo, o vestuário produzido para melhorar o conforto térmico durante as provas. Este vestuário permite a passagem do suor para a camada externa mantendo-se seca a camada interna que fica em contacto directo com a pele.

Verifica-se também que os produtores de artigos têxteis têm criado as suas próprias marcas no sentido de competirem no mercado de artigos para o desporto e lazer, por ser um mercado de grandes potencialidades. Contudo, a criação de novos produtos é um longo e dispendioso processo. Fibras e tecidos são submetidos a ensaios rigorosos para medição dos níveis de absorção e transporte de humidade, elasticidade, resistência, entre outros. Nalgumas empresas existem laboratórios com condições ambientais de temperatura e humidade similares à dos locais de actividades desportivas, possibilitando a simulação do atleta a praticar um determinado desporto, utilizando o vestuário protótipo. Actualmente, são analisadas as propriedades essenciais do vestuário para os desportistas, assumindo-se como características necessárias ao melhor desempenho desse profissional.

2.2.1 Fibras e fios

As fibras naturais absorvem a humidade (suor) até esta ser completamente eliminada, dando a sensação de molhado. Este facto pode tornar-se indesejável quando o corpo humano efectua um esforço físico, já que provoca mal-estar, conduzindo normalmente ao aparecimento de arrepios desagradáveis. Entretanto, o desenvolvimento das tecnologias avançadas tem levado ao reaparecimento das fibras naturais, como o algodão ou lã, em aplicações de alto desempenho, em produtos para actividades realizadas ao ar livre, considerando que as fibras naturais, servem, principalmente, para absorver e transportar a humidade corporal. Assim, com as devidas adaptações, tecidos de algodão podem, por exemplo, ser produzidos com propriedades de resistência à água, ao vento e respiráveis [13-14].

As fibras químicas, com as suas conhecidas propriedades hidrófobas, são ideais para o vestuário desportivo. Destas, as mais utilizadas são as de poliéster, polietileno, polipropileno, acrílico, viscose, acetato, triacetato e a poliamida, em especial a PA 6,6, que apresenta alta resistência e flexibilidade sem memória, ou seja, não se amarrotando com facilidade. Os elastómeros de poliuretano, os chamados elastos, são também bastante utilizados devido à

sua grande capacidade de elasticidade sem deformação. Ultimamente tem-se verificado o reaparecimento da lã. Esse tipo de flexibilidade está relacionado com a cadeia molecular poder mudar facilmente sua configuração [15].

A Lycra® é uma fibra superfina de poliuretano, produzida pela DuPont, que pode ser estirada até cinco vezes o seu comprimento inicial, podendo recuperá-lo imediatamente [15, 16, 17]. É um elastano que se adapta à forma do corpo, não restritivo aos movimentos corporais para além de ser respirável, e largamente utilizado em vestuário para esqui, ginástica e fatos de banho. Esta fibra tem sido bastante utilizada em misturas com o algodão, raion, seda, lã, angorá e polipropileno para a produção de vestuário para desportos activos.

Para tecidos mais pesados utiliza-se normalmente o nylon, poliéster, acrílico e suas misturas com acetato, algodão e lã. Estes tecidos devem ser cardados na superfície interior e cortados largos para melhorar o conforto. Contudo, neste tipo de vestuário são também utilizadas as fibras de alto desempenho [17, 18].

As fibras acrílicas também são utilizadas em vestuário de caça, sendo este normalmente tratado com repelentes de água e anti-nódoas, encontrando-se disponíveis em diversos padrões de acordo com o terreno em que são utilizados. O Quadro 2.1 apresenta propriedades de algumas fibras têxteis largamente utilizadas em artigos desportivos.

Quadro 2.1 – Propriedades mecânicas de fibras sintéticas usadas em artigos desportivos					
Fibra	Tenacidade (g/den)	Alongamento à tração (%)	Recuperação elástica (%)	Densidade	Recuperação da humidade (21°C, 65%RH)
Acetato	1.2-1.4	25-45	48-65 a 4%	1.32	6.3-6.5
Acrílico	2.2-2.3	40-55	99 a 2% 89 a 5%	1.17	1.5
Modacrílica	1.7-2.6	45-60	100 a 1% 95 a 10%	1.35	2.5
Nylon 6	3.5-7.2	30-90	100 a 2%	1.14	2.8-5
Nylon 6,6	2.9-7.2	16-75	82 a 3%	1.13-1.14	4.0-4.5
Poliéster	2.4-7.0	12-55	81 a 3%	1.35	0.4
Polipropileno	2.5-5.5	30-150	93 a 5% 85 a 10%	0.91	0.01
Rayon	1.9-2.3	20-25	–	1.48-1.54	–
Spandex	1.0	400-625	97 a 50%	1.21	1.3
FONTE: Realf, 2005: 206 [15] (adaptação)					

Shishoo (2005), afirma que o desempenho necessário em alguns produtos é obtido pelo equilíbrio das diferentes propriedades. Neste contexto, as fibras sintéticas são as preferidas para desportos muito activos, uma vez que não retêm humidade, não se tornando, portanto, mais pesadas devido à absorção do suor, tal como acontece com o algodão. Este tipo de vestuário apresenta, por outro lado, melhor estabilidade dimensional. As fibras sintéticas satisfazem os principais requisitos do vestuário desportivo de alta tecnologia, ou seja, conservação da temperatura, resistência ao vento, baixa absorção de humidade e baixo peso, conforto e toque das fibras naturais, design e variedade de cores [1].

2.2.1.1 Fibras de alto desempenho

Uma vasta gama de fibras de alto desempenho ou com características superiores para aplicações gerais, estão disponíveis comercialmente para aplicação técnica e industrial. Estas fibras possuem uma resistência e um módulo que excedem largamente as fibras sintéticas convencionais. As fibras de alto desempenho têm sofrido um desenvolvimento bastante importante, tanto ao nível das fibras inorgânicas, como as fibras de carbono, como também ao nível das fibras obtidas a partir de polímeros orgânicos [1, 17, 19].

As fibras de alto rendimento são conhecidas pelo alto módulo e alta tenacidade (HM-HT), estas têm desempenho diferenciado à temperatura ambiente e a altas temperaturas. [2, 16].

As fibras resistentes a altas temperaturas são subdivididas em fibras resistentes à chama e as fibras termoresistentes. As fibras resistentes à chama são produzidas com polímeros que originam produtos de decomposição não combustíveis. Por sua vez as fibras termoresistentes (ignífugos) são todas as que, em maior ou menor grau e até por longos períodos, respondem de forma satisfatória à acção da chama prolongada e à acção conjunta do calor e de determinados produtos químicos [16]. A estabilidade dimensional do tecido e a manutenção das características face à chama são factores importantes a considerar, tal como a toxicidade e a transparência dos fumos libertados.

Para o vestuário de protecção a estabilidade e a resistência à chama são propriedades cada vez importantes e que funcionam como requisito essencial. Os exemplos de peças de vestuário produzidos neste tipo de tecidos incluem capuz, roupa interior, meias, fatos, sapatos e luvas.

As marcas mais conhecidas de fibras de alto desempenho incluem: Viscose FR, Poliéster FR (Danufil CS[®], Trevira CS[®]), Algodão FR (Proban[®]), Aramida (Kevlar[®]), Politetrafluoretileno (Gore-Tex[®]); as termoresistentes: poliméricas de Cristal Líquido, Poliacrilatos reticulados, Fluorcarbonos, entre outras [2, 16, 20, 21].

De entre as diversas características, as fibras termoresistentes proporcionam alta resistência térmica, à abrasão e balística, possuem boa estabilidade térmica, módulos extremamente altos e elevada resistência química.

2.2.1.2 Fibras superfinas

Fibras super ou ultra finas [20, 22] contêm cerca de 40.000 moléculas poliméricas em sua secção transversal. Para Hongu *et al.* (2005), quando uma fibra tem uma secção transversal com menos de um determinado valor, o organismo já não a percebe como um objecto estranho. Mirafatab (2000) cita o *Textiles Terms Definitions* que define as fibras ultra finas como aquelas com densidade linear de 1.0dtex ou menos. Outros

autores classificam-nas como finas, extra finas e micro finas, variando de 3.0dtex a menos de 1.0dtex.

Investigações recentes foram levadas a cabo no sentido de desenvolver fibras finas como a seda, acrescida de durabilidade e resistência, a partir de polímeros de poliéster e nylon. Hongu *et al.* relatam as fibras ultra finas e super resistentes desenvolvidas pelo o Prof. T. Aida (University of Tokyo) as quais correspondem às propriedades de resistência e finura da teia de aranha.

Os fios de fibras finas e superfinas permitem a produção de tecidos muito compactos, ou seja, com espaços entre as fibras bastante reduzidos. Deste modo, incrementa-se a superfície das fibras e do tecido, o que faz com que o transporte de humidade até ao exterior se efectue através de um maior número de canais, obtendo-se assim maior efeito de capilaridade. Fibras deste tipo como Micrell, Tactel, Setila e Mitrelle são citadas por Miraftab [22].

No Quadro 2.2 observa-se a classificação das fibras de acordo com o diâmetro.

Quadro 2.2 – Classificação das fibras de acordo com o diâmetro		
Diâmetro		
Fibras comuns	100 mm	Corda de ancoragem
		Vários cabos
	10 mm	Várias cordas
		Várias cordas entrançadas
	1 mm	Linha para costurar
	Vários arames eléctricos	
	0.1 mm	Monofilamentos
		Cabelo humano
	10 µm	Fibra sintética
		Fibra natural
Fibras ao nível molecular	1 µm	Células da pele (lã)
		Fibrilas
Fibras ao nível nano	0.1 µm	Macro fibrilas (algodão)
		Fibra para bebida
	10 nm	Micro fibrilas (algodão, lã)
		Gene DNA (nanofibra)
	1 nm	Molécula de colagénio
		Molécula de celulose
	0.1nm	Molécula de polietileno

FONTE: Hongu *et al.*, 2005:16 [20] (adaptação).

A maioria dos mecanismos de transporte da humidade depende da construção do fio e da superfície têxtil. Quanto mais finas forem as fibras, maior é a superfície específica, maior transporte da humidade, menor resistência à flexão, maior suavidade ao tacto, maior tendência ao aparecimento de rugas, maior densidade do material e maior factor de cobertura [2].

2.2.1.3 Fibras bicomponentes

As fibras bicomponentes apresentam elevado número de aplicações potenciais para usos de carácter técnico. A Figura 2.6 mostra alguns tipos de corte transversal de fibras bicomponentes. De acordo com Araújo e Fangueiro (2000), existem três grandes grupos de fibras bicomponentes:

- Com núcleo, onde um polímero colocado no núcleo é rodeado por outro polímero colocado na bainha da fibra;
- Lado a lado, onde dois polímeros são colocados lado a lado numa fibra;
- Ilhas-no-mar, onde um polímero recebe “ilhas” ou partículas numa matriz (mar) de outro polímero [15, 17].



Fig. 2.6 – Secção transversal de fibras bicomponentes

FONTE: www.scoretechnology.com/applications.html

A tecnologia de fibras bicomponentes é usada fundamentalmente na produção de microfibras, fibras electro-condutoras, auto-enrugáveis e fios heterofílicos. As fibras de base de bio polímero, como os polilácticos (PLA) oferecem uma interessante solução

para uso em novas aplicações. Os PLA's são biodegradáveis, pertencem à família dos polímeros produzidos a partir de recursos renováveis, como o milho, e são largamente produzidos pela empresa Dow Cagill sob o nome Ingeo; a empresa Kanebo Goshen produz a Lactron e a Sonora, produzida pela DuPont [2, 15, 20, 22, 23].

A resistência à tracção das fibras de PLA, a taxa de alongamento e a taxa de humidade residual, em condições standard, são do mesmo nível das fibras de poliéster [2]. Uma comparação entre fibras de PLA, nylon e poliéster é apresentada no Quadro 2.3.

Quadro 2.3 – Comparação entre as fibras de PLA, nylon e poliéster			
	PLA	Nylon	Poliéster
Propriedades físicas			
Densidade	1.27	1.14	1.38
Ponto de fusão (°C)	175	215	260
Absorção (%)	0.5	4.5	0.4
Recuperação da humidade (%)	3.0	3.0	5.75
Calor de combustão (cal/g)	4500	7400	5500
Característica da fibra			
Resistência (cN/dtex)	4.5-5.5	4.5-6.0	4.5-5.5
Alongamento (%)	30	40	30
Tingimento			
Pigmento	Dispersivo	Ácido	Dispersivo
Temperatura de tingimento	98	98	130

FONTE: Hongu *et al.*, 2005: 42 [4] (adaptação)

Os bicomponentes fiados oferecem melhores possibilidades para a produção e desenvolvimento de micro e nanofibras, pelo uso do tipo matriz e fibrilas [17].

2.2.1.4 Fibras bioactivas

Sob altas temperaturas e climas húmidos do verão, os microorganismos propagam-se com facilidade. Pé de atleta, frieiras e odor desconfortável são alguns efeitos causados pela propagação dos micróbios em vestuário, principalmente em actividade desportiva. O primeiro produto com acabamento de sanitização foi comercializado em 1955. Desde então a indústria tem procurado introduzir a função antimicrobiana nas fibras, deixando este efeito ser exclusivamente considerado acabamento.

O controlo microbiano restringe a propagação de microorganismos na fibra, como *Staphilococcus aureus* e *Pseudomonas pyocyanea*. Restringir a propagação não

significa a extinção completa dos microrganismos, mas reduzir seu desenvolvimento. A extracção de todos os microrganismos, incluindo as bactérias normais da pele, poderia causar outros problemas como a queda da imunidade à acção de fungos [20, 24-26].

O triclosan e a ciclodextrina são alguns agentes anti microbiais utilizados e agem na degradação microbiana. É considerado bactericida, fungicida e microbicida, o produto que combate bactérias, fungos e micróbios, respectivamente [26, 27].

Höfer (2006) apresenta as seguintes justificações para o uso de anti microbianos em produtos têxteis:

- evita a perda das propriedades de desempenho como resultado da degradação microbiana de fibras;
- limita significativamente a incidência de bactérias;
- reduz a formação de odor como resultado da degradação microbiana da transpiração;
- evita a transferência e disseminação de germes patogénicos [27].

A adição de partículas de prata antes da extrusão da fibra, mas também através de revestimento posterior, levam à metalização com a prata. Os iões de prata afectam a fisiologia e o metabolismo das bactérias evitando a sua proliferação; dependendo da marca, a sua actividade pode manter-se mesmo após mais de 200 ciclos de lavagem hospitalar, incluindo esterilização. Podem ser usadas a 100% ou em misturas com outras fibras como o algodão e o poliéster. É comumente utilizada em meias (Figura 2.7 e roupas desportivas. Destas fibras as mais conhecidas pelos seus efeitos, são: Modal Fresh (Lenzing), Bioactive[®] (Trevira), Amicor (Acordis), Rhovyl AS+ (Sanitized), Manglon[™] e Seacell[®] (Zimmer AG) [17].



Fig. 2.7 – Meias com agentes anti microbianos

FONTE: www.maoxiang.net/html/whyfiber.htm

2.2.1.5 Nanotecnologia

A nanotecnologia, ciência e tecnologia que trabalha ao nível molecular para manipulação química e biológica (Figura 2.8), tem servido de base a uma quantidade considerável de projectos de investigação e desenvolvimento, nos últimos anos.

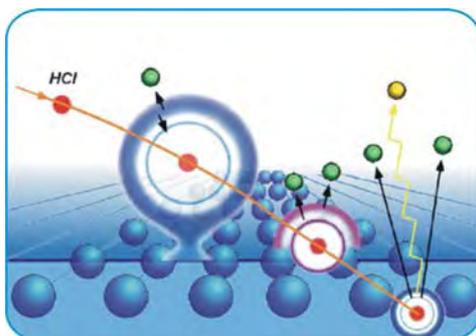


Fig. 2.8 – Estrutura de nanopartículas

FONTE: www.elbeco.com

A nanotecnologia abrange nanopartículas, nanofibras, nanoacabamentos.... A sua aplicação provoca notáveis reacções nas propriedades têxteis tais como interacção com a luz, condutividade eléctrica, resistência à abrasão, susceptibilidade magnética, protecção química e repelência a óleo, entre outras. A adaptação e o controlo de estruturas ao nível da nanoescala são considerados factor chave para o desenvolvimento de materiais avançados ou componentes estruturais e aplicações multifuncionais [17].

Através da nanotecnologia, que encontra a sua denominação na unidade de medida nanómetro (um bilião da unidade do metro – 10^{-9} m), moléculas individuais podem ser

ligadas à fibra para alterar propriedades interessantes ao nível desportivo, como a permeabilidade ou a sensação de conforto. Considerando que as ligações ocorrem ao nível molecular, estas propriedades mantêm-se durante todo o ciclo de vida do produto [2, 28,29, 30].

As nanopartículas (Figura 2.9) têm cerca de 100 nm de diâmetro, e apresentam novas propriedades ou reforçadas, em comparação com partículas maiores do mesmo material. A capacidade de fabricação e de controlo da estrutura de nanopartículas permite determinar e influenciar o resultado das propriedades como também, o design de materiais com as propriedades desejadas. As actuais e potenciais aplicações para as nanopartículas estão crescendo e abrangem um leque muito amplo de sectores, incluindo mercados como alimentos, produtos farmacêuticos, biomédica e tratamento do cancro, higiene pessoal, energias renováveis, protecção do ambiente, revestimentos de superfície, plásticos, têxteis, produtos electrónicos, automotores e materiais de construção, entre outros.

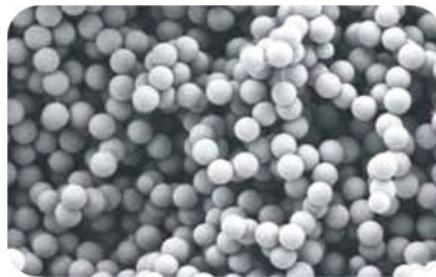


Fig. 2.9 – Nanopartículas

FONTE: <http://www.deakin.edu.au>

O Quadro 2.4 mostra algumas particularidades, como o efeito e a utilização, das nanofibras.

Quadro 2.4 – Nanofibras e suas utilizações		
Propriedades	Efeitos	Usos
Efeito da área de superfície	Área de superfície/peso da fibra é mais de 1000 vezes do que a fibra usual	Material absorvente Material de prevenção de perigo bioquímico Material de troca iónica
	Grande absorção	Material de prevenção de perigo bioquímico
Efeito de luz	Estrutura com aparecimento da cor com fibra transparente e diâmetro menor do que o comprimento de onda da luz visível	Elastano orgânico Papel electrónico Material Fashion
Efeito de tensão de superfície	Força de tensão de superfície baixa, repelindo água do polímero hidrofílico	Material de revestimento Coloração
Efeito tri-dimensional	Crescimento tridimensional de células em têxteis não-tecidos	Recuperação médica
Efeito de captura de objecto	Captura de partículas em tamanho sub-micron	Material de prevenção de perigo bioquímico Filtro de motor Caldeira Condicionador de ar Ambiente com o ar mais limpo

FONTE: Hongu *et al.*, 2005: 282 [20] (adaptação)

Hongu *et al.* (2005), relacionam campos de aplicação das nanofibras nos sectores de cuidados médicos, electrónicos, nanocompósitos, dispositivos moleculares, limpeza e preservação ambiental, bem-estar, nanopolímeros e, claro, engenharia têxtil.

A *Nano-Tex*TM foi criada em 1998 para melhorar propriedades têxteis através da engenharia molecular. A sua tecnologia permitiu criar, modificar e melhorar propriedades, lançando vários acabamentos tais como: *Nano-Dry*TM, *Nano-Care*TM, *Nano-Pel*TM e *Nano-Tex*^{TM4}. Diversas características como a durabilidade, respirabilidade e repelência de líquidos, nódoas e manchas são incorporadas sob essa tecnologia, como representado na Figura 2.10 [2, 29].

⁴ O *'Nano-Dry*TM é um acabamento hidrofílico que altera a estrutura molecular afectando a tensão superficial, cujo objectivo é uma absorção mais rápida da humidade. O *Nano-Pel*TM e o *Nano-Tex*TM pretendem oferecer resistência a rugas e repelir óleo e água, permitindo assim respirabilidade durante todo o ciclo de vida do vestuário. O *Nano-Care*TM consiste num tratamento dado a tecidos de algodão e linho que os tornam repelentes à água e a manchas, resistentes ao amarratamento reduzindo as tarefas de cuidados para o dia a dia [17, 29, 37].

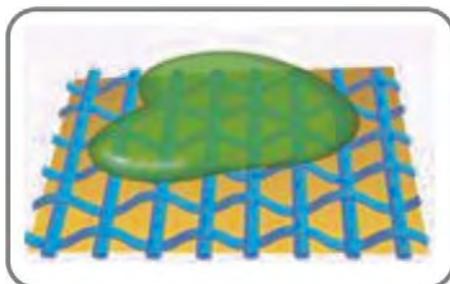


Fig. 2.10 – Nano-Care™ : tratamento para repelência de líquido

FONTE: <http://www.fibre2fashion.com/industryarticle>

Bramel (2005) comenta que a NanoSphere® é um acabamento repelente e autolimpante desenvolvido pela empresa Schoeller. Baseado no ‘conceito flor de lótus’, permite ao produto auto-limpeza, onde a gota do líquido rola sobre a superfície do tecido e, ao deslizar, arrasta a poeira presente, como pode ser visualizado na Figura 2.11 [31].



Fig. 2.11 – NanoSphere

FONTE: www.physorg.com/news124036370.html

Embora ainda sejam muito altos os custos envolvidos nesta tecnologia, acredita-se que num futuro próximo estarão disponíveis no mercado produtos de vestuário que activarão vitaminas ou medicação, cicatrizarão ferimentos, protegerão contra infecções, absorverão o odor do tabaco, repelirão insectos, filtrarão substâncias tóxicas e bélicas, entre outras características.

2.2.2 Melhoria da qualidade do desempenho

Nas duas últimas décadas, foram alcançados avanços significativos na melhoria das propriedades dos *tecidos inteligentes* em várias áreas importantes. Diversos aspectos têm sido investigados continuamente no sentido de aperfeiçoar a funcionalidade dos materiais existentes. Seguidamente, apresentam-se alguns exemplos de melhorias dessas características e propriedades dos produtos têxteis para o vestuário desportivo de alta performance, visando melhorar o desempenho do atleta, nomeadamente na velocidade, força e resistência.

2.2.2.1 Controlo da humidade

A gestão da humidade foi alvo de grandes inovações nos últimos tempos, uma vez que está directamente relacionada com o conforto. Consequentemente, os fabricantes deste tipo de vestuário diferenciam os seus produtos tendo como ponto de referência esta propriedade [1].

As fibras celulósicas, como o algodão, produzem uma sensação cutânea muito agradável quando estão secas. Estas fibras apresentam largas cadeias de grupos hidroxilos (OH), que têm uma forte tendência a formar pontes de hidrogénio com os grupos OH da água. Quando ocorre a transpiração, as fibras de algodão absorvem facilmente a humidade separando-a da pele. Contudo, quando se tem materiais com grande quantidade de algodão estarão presentes muitos grupos OH, que desta maneira possibilitarão a formação de inúmeras ligações, o que provoca a absorção e retenção de elevada quantidade de humidade. Como resultado, o transporte de humidade é interrompido porque o material têxtil fica saturado e, assim, o microclima entre a pele e o vestuário fica húmido, causando desconforto.

Neste sentido, foi conduzido um estudo pela Eastern Carolina University (EUA) dando continuidade a uma investigação realizada no Brasil, resultando no desenvolvimento do Coolmax[®]. O primeiro grande desenvolvimento nos tecidos com gestão de humidade foi a introdução do ‘Coolmax’, em 1986, pela *DuPont* (Figura 2.12). Este é um fio de poliéster de baixo peso, construído a partir de fibras de 4 canais, o que leva a conduzir a

humidade e a repeli-la da pele. As fibras de secção transversal no ‘Coolmax’ têm uma área de superfície superior em cerca de 20% às das fibras clássicas redondas [23, 32].

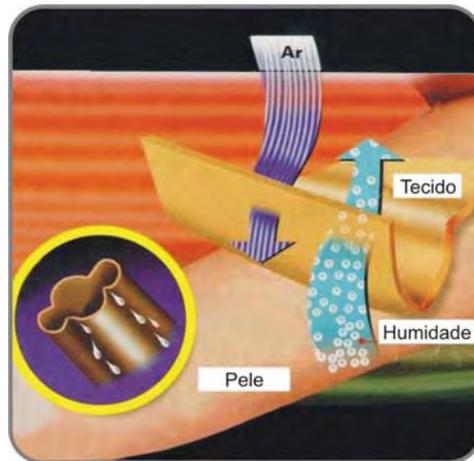


Fig. 2.12 – Fibra coolmax

FONTE: <http://coolmax.invista.com>

Os canais presentes na secção transversal da fibra criam capilares que favorecem o transporte da humidade do interior da peça junto à pele para o ambiente.

Outra marca conhecida é o fio Dri-release[®] que emprega as melhores qualidades do algodão e do poliéster para dispersar a humidade do corpo. Contém de 85 a 90% de poliéster (fibra hidrófoba) e de 15 a 20% de algodão (fibra hidrófila) reunidas conjuntamente ainda antes do processo de extrusão. A pequena quantidade de algodão na fibra é suficiente para proporcionar os grupos hidroxilos (OH) para transporte de humidade da pele até ao material têxtil. Por sua vez, o poliéster co-polimérico presente na fibra, repele a humidade forçando-a a evaporar-se do material têxtil. Desta maneira a capa exterior de humidade evapora-se rapidamente à medida que o fluxo de ar passa do interior para o exterior [2].

A Figura 2.13 apresenta a diferença do movimento da humidade quando utilizado vestuário produzido com tecido de algodão (a) e vestuário produzido com Dri-release[®] (b).

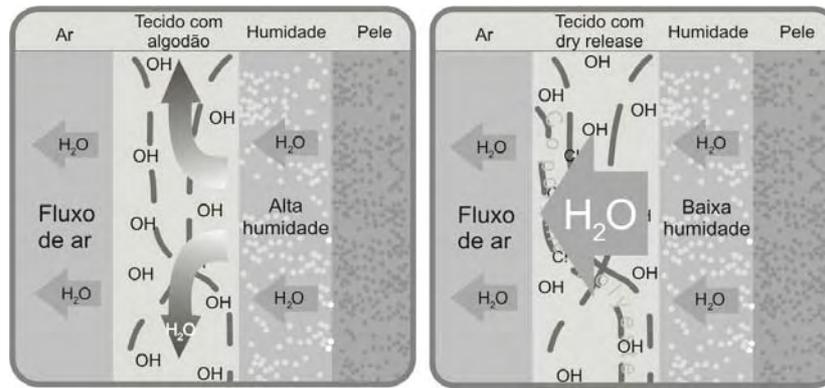


Fig. 2.13 – Fluxo de umidade no vestuário

a) Tecido de algodão

b) Tecido com Dri-release®

FONTE: http://www.soffe.com/soffe_drirelease.php

2.2.2.2 Controlo da temperatura: os tecidos termoreguladores

Qualquer material isolante fibroso ou poroso é negativamente afectado pela presença de humidade, quer do suor, quer da chuva. Substituir o ar de baixa condutividade térmica pela água que tem alta condutividade é o motivo principal para alterações na sensação de isolamento térmico. Alguns tecidos têm elevada afinidade com o o transporte ao mesmo tempo que retêm grandes quantidades de humidade. A presença de 10 a 20% do peso em humidade é suficiente para causar aumento de 50% de perda do valor de isolamento a seco.

Quando se faz referência a temperaturas extremas associa-se frequentemente ao isolamento térmico, recorrendo-se a vários meios para evitar a perda do calor do corpo humano. Inicialmente a tecnologia em busca desse equilíbrio foi investigada pela NASA, no sentido de proteger os astronautas nas diferenças de temperaturas entre a estação e a plataforma espacial. Entretanto, outros segmentos demonstraram preocupação e interesse em desenvolver e aplicar uma tecnologia para o vestuário que fornecesse o equilíbrio, tendo surgido os PCMs – materiais com mudança de fase (*phase change materials*) [4].

Os PCMs são microencapsulados (Figura 2.14) produzidos principalmente de ceras parafínicas, ácidos graxos, sais hidratados e de misturas de compostos orgânicos e inorgânicos, devendo apresentar as seguintes propriedades: elevado ponto de fusão/hidratação, alta condutividade térmica, elevada capacidade de calor específico,

mínima alteração do volume durante o processo de transição de fase, temperatura adequada para a mudança de fase, repetibilidade da mudança de fase, quimicamente estável, não corrosivo, não tóxico, inflamável e ser de baixo custo [1, 33-35].

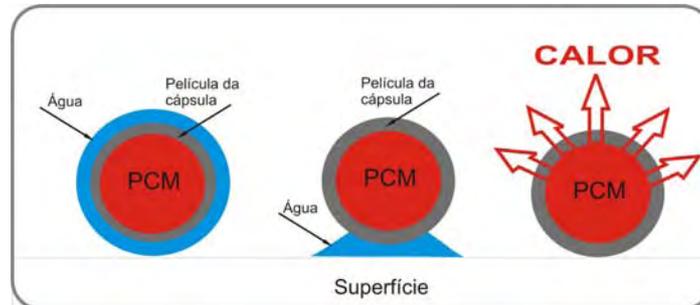


Fig. 2.14 – Material com mudança de fase

FONTE: Onder & Sarier, 2000: 7 [34]

O PCM possui a capacidade de alterar o seu estado físico dentro de uma determinada gama de temperaturas. Quando a temperatura de fusão é atingida durante o processo de aquecimento, ocorre a mudança da fase sólida para o estado líquido. Durante este processo de fusão, o PCM absorve uma grande quantidade de calor latente da área circundante. Este calor é então armazenado no PCM e, posteriormente, liberado num processo de arrefecimento na temperatura de cristalização do PCM. Durante todo o processo de mudança de fase, a temperatura do PCM, bem como a do substrato envolvente permanecem constantes. Quando a mudança de fase é encerrada, o contínuo arrefecimento ou aquecimento resulta numa redução ou aumento da temperatura ainda maior [33-35].

Assim, em tratamento de produtos com PCM, podem ser obtidos os seguintes efeitos térmicos:

- efeito de arrefecimento, causado pelo calor a absorção do PCM;
- efeito térmico, provocado pela emissão de calor do PCM;
- efeito de termoregulação quer resultante da absorção de calor ou emissão de calor do PCM.

A eficiência de cada um destes efeitos e a sua duração são essencialmente dependentes da capacidade térmica do PCM e, conseqüentemente, a quantidade aplicada de PCM. A

amplitude da temperatura para a mudança de fase e a temperatura aplicada precisam corresponder a fim de concretizar os benefícios térmicos esperados, para além disso, a estrutura do sistema transportador afecta a eficiência do efeito da mudança de fase sem, entretanto, afectar outras propriedades têxteis [35].

Os PCMs devem actuar em torno da temperatura do corpo humano (33°C) mais especificamente à dos pés (2°C menos), já que a sensação de frio se experimenta primeiramente nos pés (e mãos), antes que o corpo humano comece a perder calor. Mesmo que a sensação de conforto varie de pessoa para pessoa e também de acordo com a parte do corpo e, embora se considere que esteja no intervalo de 29° a 35°C, os PCMs procuram manter o microclima a uma temperatura próxima à do corpo [37, 38].

Pioneira, a companhia Outlast® comercializa os PCMs em forma de uma dispersão aquosa de microcápsulas Utiliza a fibra de viscose no processo de microencapsulamento, fornecendo material com as propriedades de suavidade, capacidade de absorção da humidade, propriedades higiénicas e a termoregulação necessária ao conforto para o utilizador (Figura 2.15).

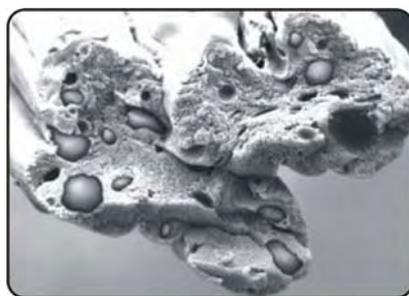


Fig. 2.15 – Fibra de viscose Outlast®

FONTE: <http://www.outlast.com/index.php?id=94&L=0>

A Schoeller, fabricante de tecidos técnicos, utiliza esta tecnologia em botas e luvas para esquiar, esquis, capacetes, bancos e calças para equitação. A Acordis comercializa a fibra de acrílico Courtelle incorporada com microcápsulas Outlast, de 6 a 7%. A Figura 2.16 representa uma estrutura têxtil formada por camadas dentre as quais, material com fibras termoreguladoras.

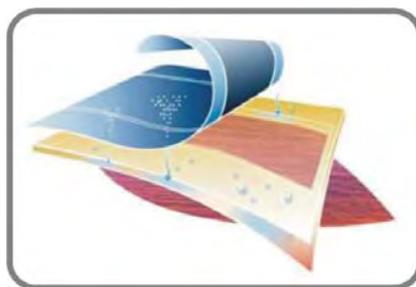


Fig. 2.16 – Estrutura têxtil com fibras termoreguladoras

FONTE: www.tempreg.net

2.2.2.3 Elasticidade

Para a American Society for Testing and Materials, a elasticidade é “a propriedade de um corpo em virtude da qual ele tende a recuperar a sua forma e tamanho originais após uma deformação” [16: 323]. ‘Elasticidade e recuperação’ são características chave em quase todos os tipos de vestuário, desde a moda ao pronto-a-vestir até ao vestuário desportivo de elevado desempenho.

Aquando do seu lançamento, as fibras elásticas foram vistas como responsáveis pela abertura de novos caminhos na procura de vestuário mais confortável. Produzida desde 1958 pela DuPont, a fibra de elastano (marca registada Lycra[®]) é uma fibra sintética baseada no polímero elastomérico com, pelo menos, 85% de poliuretano segmentado na sua estrutura. Tem propriedades da borracha, embora seja mais forte e durável, o que significa que pode ser estendida até seis vezes, ou mais, o seu comprimento original. São usadas misturadas com fibras naturais e sintéticas em tecidos planos e de malha, contribuindo significativamente para as suas propriedades de elasticidade [16, 19, 20, 32].

As propriedades da Lycra[®] são mantidas sob controlo constante e contínuo no que diz respeito à combinação precisa de textura, brilho, espessura, desempenho de alongamento e outras características aplicáveis ao uso final. Um exemplo no desenvolvimento especial de fios de elastano, são os destinados ao vestuário de desporto aquático. Considerando sua sensibilidade ao cloro, o fio para este fim é mais resistente, tem maior durabilidade e boa aparência por um longo tempo. Concorrente da Lycra[®], o PBT (polibituleno teraftalato) também é utilizado no vestuário de natação.

O PBT oferece maior conforto e elasticidade que o poliéster comum, embora não contenha elastano. Possui elevada resistência ao cloro, é bastante resistente às lavagens mais agressivas e a temperaturas mais elevadas embora seu alongamento seja baixo e limitado. Outra vantagem do PBT é que sua capilaridade ajuda no transporte da humidade e regulação da temperatura, como também é resistente a manchas, seca rápido e amassa menos (<http://www.canatibago.com.br/noticia.php?id=37>).

A praticidade e a facilidade no uso de peças com elasticidade significam que podem ser usadas sem a necessidade de serem passadas a ferro. As peças do vestuário produzidas com material com fibras elásticas proporcionam sensação de conforto e ajuste às formas do corpo. O grau de tensão do material têxtil e a modelagem da peça são aspectos que proporcionam o nível de conforto e de satisfação do utilizador [32, 36].

No sentido de maximizar o desempenho e o conforto, destacam-se algumas características da fibra [32]:

- Grande capacidade de alongamento, favorecendo à maior liberdade de movimentos e melhor desempenho;
- Recuperação do comprimento original mesmo após ciclos repetidos de alongamento e retracção;
- Sua leveza melhora o desempenho e conserva a energia.

No vestuário desportivo, as maiores aplicações das fibras elásticas são em actividades em que o conforto e o ajustamento são importantes, incluindo aeróbia, casacos de golfe, calças de esqui, soutiens desportivos e fatos-de-banho; como também no vestuário de compressão, tal como calças para ciclismo, e vestuário interior. Para *Voyce et al.* (2005), a compressão elástica no vestuário desportivo é um aspecto de importância fundamental por favorecer a performance do atleta na velocidade e na resistência, seja nos têxteis multicamadas, peças íntimas, equipamentos ou calçados [32].

2.2.2.4 Respirabilidade e impermeabilidade à água

Um material têxtil repelente à água/permeável ao vapor é um típico material destinado ao sportswear. Avanços significativos foram igualmente alcançados nos tecidos

respiráveis e à prova de água. No passado, os tecidos à prova de água protegiam o utilizador da água e do vento, mas não permitiam a transpiração [1, 20].

Muitos dos tecidos de baixo peso que se encontram no mercado são produzidos com fios que originam tecidos firmes que impedem as moléculas da água de passarem para o interior, permitindo, no entanto, a evasão dos vapores corporais. O tecido do tipo revestido/laminado e de alta densidade são comercialmente disponíveis nos têxteis repelentes à água e permeáveis ao vapor.

Têxteis de rápida secagem são produzidos de material fibroso absorvente ou com tecido com estrutura concebida especialmente utilizando o efeito de capilaridade para absorver o suor. Através do sistema chamado de “ventilação directa”, a humidade, na forma de vapor, consegue evaporar-se directamente para o exterior do tecido, constituindo um processo rápido e directo de transporte da humidade [1].

Como exemplos, existem o MicroftLectus[®] (Teijin), Goretex[®] (Goretex Japão) e o SympaTex[®] (Sympatex technology) (Figura 2.17). O Gore-Tex[®] surgiu na década de 1970, sendo um filme microporoso que continha orifícios extremamente grandes para deixar passar o vapor de água mas imensamente pequenos para permitir a passagem de água líquida. A partir daí surgiram outros produtos, chamados membranas e laminados, compostos por diversas camadas de membranas, mas o princípio dos poros continua o mesmo [20, 26, 33, 37].

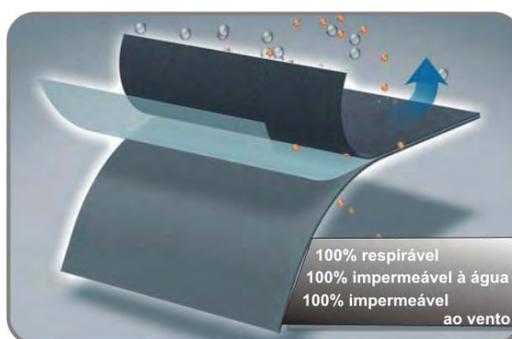


Fig. 2.17 – Estrutura laminada

2.2.2.5 Alta resistência e durabilidade combinadas com o conforto

Bartels (2005) relata que o conforto dos tecidos de alta resistência melhorou significativamente devido ao desenvolvimento de novas fibras. Por exemplo, tecidos

feitos a partir da combinação do nylon texturizado a jacto de ar de alta tenacidade com o algodão. O produto é de baixo peso, resistente à abrasão e com uma boa durabilidade. A sua resistência é duas a sete vezes mais durável do que o nylon, o poliéster e o algodão. Devido à sua resistência, durabilidade, resistência à abrasão e desgaste, e melhor toque, o produto é largamente utilizado no vestuário desportivo [25, 32].

Como exemplo, tem-se o Cordura® da DuPont, tecido produzido através da combinação de nylon texturizado com novos bicomponentes de poliéster e Lycra®, de baixo peso, oferecendo consideráveis níveis de protecção e durabilidade [32]. A Figura 2.18 mostra o comportamento de resistência à abrasão de diversos tecidos comparados com o Cordura®.

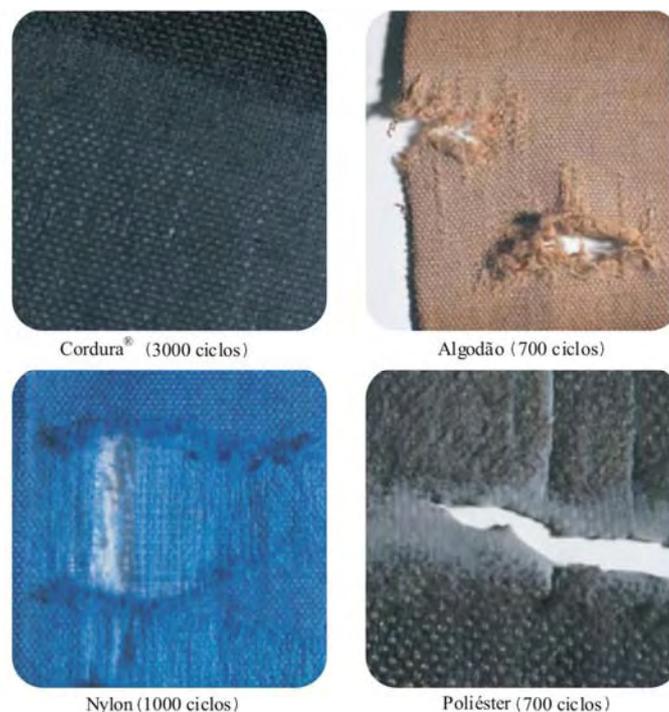


Figura 2.18 – Comparação de resistência ao desgaste/ciclos de lavagem
FONTE: www.cordura.com/benefits.html

2.2.2.6 Tecnologia Vestível

Actualmente, a investigação segue a linha de desenvolvimento de tecidos e peças de vestuário com componentes electrónicos. Alguns destes tecidos estão já a ser usados para fazer “computadores vestíveis” (Figura 2.19). A irradiação solar já pode ser controlada. Uma das utilizações no vestuário desportivo pode ser a monitorização das

funções vitais dos atletas – temperatura do corpo, ritmo cardíaco e estado físico, através de sensores fisiológicos, influenciando, dessa forma, o modo de competição do atleta em qualquer desporto. Existem, também, vestuário com sensores que permitem ao treinador corrigir a posição do atleta. Esse aspecto, entretanto é questionado uma vez que coloca em questão a criatividade, a imaginação e a resposta rápida do jogador aos lances da jogada [20, 23, 33, 39].



Fig. 2.19 – Peças do vestuário com implementos tecnológicos

FONTE: www.portugaltexil.pt

<http://g1.globo.com/Noticias/0,,FLC0-5597-2799333.00.html>

Neste segmento, destaca-se a roupa desportiva funcional, o “Mobile Thermo”, desenvolvido pela Descent Lda e a Matsushita Electric Industrial Co. Lda, produtoras de vestuário desportivo e de aparelhos electrónicos, respectivamente. O “Mobile Thermo” produz calor por meio de um pequeno dispositivo de aquecimento integrado na estrutura têxtil. O calor gerado, sem chama, é regulável e irradia o calor formado distribuindo-se no interior do vestuário. O bem-estar e o rendimento do equipamento, direccionam-no principalmente para peças de vestuário de inverno, quer para os desportistas, quer para os espectadores das competições.

A Figura 2.20 mostra uma exposição de vestuário tecnológico ocorrido durante o AVANTEX2007, realizado em Junho em Frankfurt, Alemanha



Fig. 2.20 – Tecnologia vestível

FONTE: Foto particular

2.2.3 Estruturas Têxteis

As estruturas têxteis assumem também grande importância no desenvolvimento de vestuário para fins desportivos. As principais tecnologias têxteis que têm sido utilizadas na produção de estruturas para o vestuário são a tecelagem e a tricotagem.

Para cada tipo de tecnologia têxtil existe um elevado número de estruturas desde as convencionais até estruturas inovadoras. A escolha da estrutura mais adequada a cada tipo de aplicação depende principalmente do conjunto das restrições impostas pela própria aplicação em si, bem como de factores de natureza financeira.

As estruturas têxteis podem ser classificadas em quatro categorias: estruturas têxteis convencionais, estruturas têxteis 3D, estruturas orientadas direccionalmente (DOS) e estruturas híbridas.

2.2.3.1 Estruturas têxteis convencionais

As estruturas têxteis convencionais são utilizadas para a produção de têxteis tradicionais, como os tecidos planos, as malhas e os não tecidos. Os métodos conhecidos são a tecelagem, a malharia e o entrançamento, respectivamente. As estruturas estão representadas na Figura 2.21.

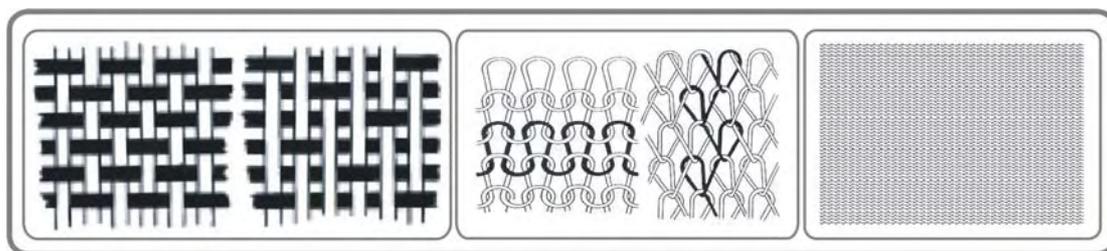


Fig. 2.21 – Estruturas têxteis convencionais

Estrutura de malha

Os princípios técnicos de funcionamento de diversos equipamentos permitem produzir tecidos de fácil manipulação, leves e que retêm a sua forma e, dependendo da sua construção, também elásticos, flexíveis e suaves.

Geralmente a estrutura têxtil utilizada no vestuário desportivo é do tipo elástico (Figura 2.22) e tem sobretudo, duas funções a realizar: garantir liberdade ilimitada de movimentos e o transporte da humidade do corpo até às camadas têxteis próximas. As combinações de materiais e avanços técnicos recentemente conseguidos e relacionados com os ligamentos possibilitam a produção de estruturas ideais para o vestuário desportivo funcional [25].

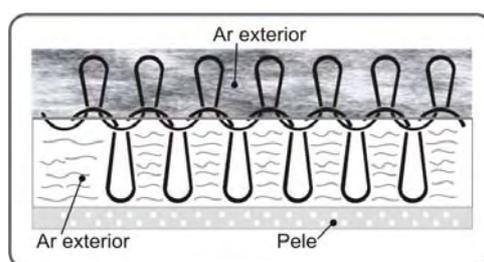


Fig. 2.22 – Estrutura de malha elástica

As estruturas de malha elástica são apropriadas para vestuário desportivo, principalmente as tricotadas com dupla face. Geraldes (1999), estudou estruturas de malhas funcionais dupla face em quatro situações distintas, utilizando fio sintético (polipropileno) e natural (algodão). Uma na qual os fios exterior e interior são sintéticos, outra onde os dois fios são naturais, outra em que o fio exterior é sintético e o interior é natural e a última, onde o fio exterior é natural e o interior artificial. Foi verificado que malhas com a face interior produzida com fio sintético (polipropileno) e a face exterior com fio natural (algodão) apresentaram melhores resultados em relação à

absorção da humidade. Os fios produzidos a partir de fibras químicas hidrófobas transportam a humidade do corpo por acção capilar, até ao exterior, onde o líquido é absorvido pelo algodão. Desta maneira, garante-se uma condução imediata do suor para fora (de cima) da pele. Uma vez na camada exterior, a humidade pode evaporar-se livremente, garantindo que a pele se mantenha seca e o utilizador confortável [40].

Citando Piller (1985), Geraldês apresenta as estruturas adequadas à produção de malhas funcionais, mostradas no Quadro 2.5.

Quadro 2.5 – Estruturas de malhas para fins funcionais	
MALHAS DE TRAMA	MALHAS DE TEIA
Jersey simples	Estruturas 1 e 1
Vanizado	Estruturas com dupla barra
Peluche	Estruturas com fio de trama
Estruturas duplas na base rib/interlock	Peluche
	Estruturas com 2 sistemas de agulhas
Jersey duplo	Estruturas duplas
Canelado 1.1	Canelado 1.1
Vanizado	Vanizado
Estruturas circulares com 8 cames	Vanizado numa das faces
Estruturas multicamadas	Estruturas com várias camadas
Malhas de ponto esquerdo	
Malhas sem efeito de relevo	

FONTE: Geraldês, 1999: 44 [40].

2.2.3.2 Estruturas têxteis 3D

As estruturas têxteis 3D são conjuntos organizados de fibras integradas com orientação multiaxial, tal como se apresenta na Figura 2.23.

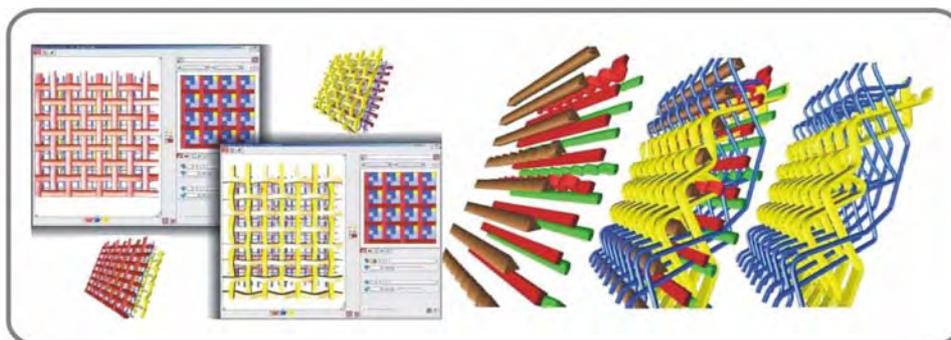


Fig. 2.23 – Estrutura de tecido 3D

FONTE: [http:// aplimattec.feriavalencia.com/pfw_files/cma/aplimattec](http://aplimattec.feriavalencia.com/pfw_files/cma/aplimattec)

Cada técnica de produção pode formar numerosas estruturas, como exemplo, tem-se uma estrutura tridimensional onde três camadas de fios, simultaneamente fabricadas e reunidas, produzem um material têxtil que tem uma abertura no meio e excelentes propriedades funcionais. A produção de tecidos 3D envolve a utilização de teares altamente sofisticados com modificações, sendo os de maior interesse os multicamada e *sandwich* ou *spacer*, pois a ampla gama de construções que pode ser trabalhada e a possibilidade de utilização de diferentes materiais tornam este tipo de têxtil um material particularmente versátil.

2.2.3.3 Estruturas orientadas direccionalmente

Para melhorar as propriedades mecânicas das estruturas, é possível introduzir fios de reforço, por isso, estas estruturas são designadas por direccionalmente orientadas. Estas são bidimensionais mas possuem a particularidade de os fios de reforço poderem ser dispostos na estrutura de fundo segundo as direcções principais das forças que são aplicadas ao material. Desta maneira pode conceber-se um conjunto de estruturas com reforço na direcção desejada, de acordo com a aplicação em vista.

A classificação das estruturas orientadas direccionalmente (Quadro 2.6) é normalmente efectuada de acordo com o número de direcções em que os fios de reforço são inseridos. Habitualmente são utilizadas estruturas como os tecidos triaxiais, as malhas de teias mono, biaxiais e multiaxiais e as malhas de trama multiaxiais [41-43].

Quadro 2.6 – Estruturas orientadas direccionalmente			
Estruturas Monoaxiais	Estruturas Biaxiais	Estruturas Triaxiais	Estruturas Multiaxiais
			
Com reforço à teia	Com reforço à teia e trama	Com reforço à teia e diagonais	
			
Com reforço à trama	Com reforço nas direcções diagonais	Com reforço à trama e diagonais	Estruturas Multiaxiais

FONTE: Araújo, Figueiro e Hong, 2000 [41].

2.2.3.4 Estruturas híbridas

As estruturas híbridas são principalmente produzidas em teares de malha de teia. A base destas estruturas é a combinação de propriedades de duas estruturas fabricadas sob a forma de compósito numa só operação. Obtém-se desta maneira um efeito de sinergia de propriedades, em que cada um das estruturas contribui com as suas propriedades para a obtenção de uma estrutura com propriedades melhores que cada uma das componentes [40-43].

Em todos os outros processos de fabricação têxtil, as estruturas componentes são produzidas separadamente e depois juntas por colagem, soldadura ou costura. Na técnica de tricotagem de teia é possível ligar não-tecidos com malhas orientadas direccionalmente numa só operação (Figura 2.24). Esta ligação efectua-se exclusivamente no ponto de cruzamento das laçadas; desta maneira a amplitude de trabalho da malha é totalmente preservada e o não-tecido conserva as suas características (Figura 2.25).

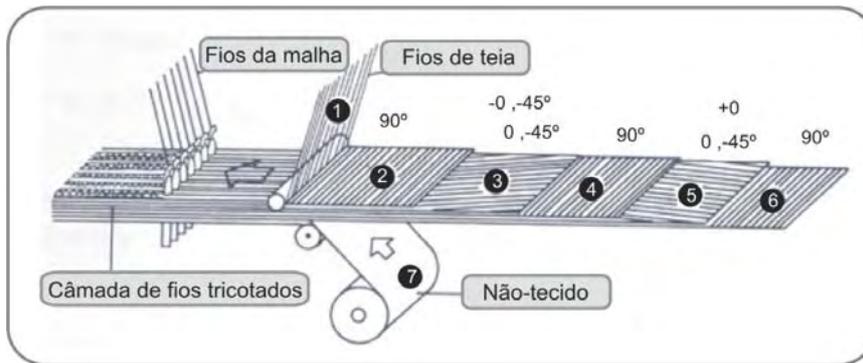


Fig. 2.24– Estrutura híbrida – processo de construção

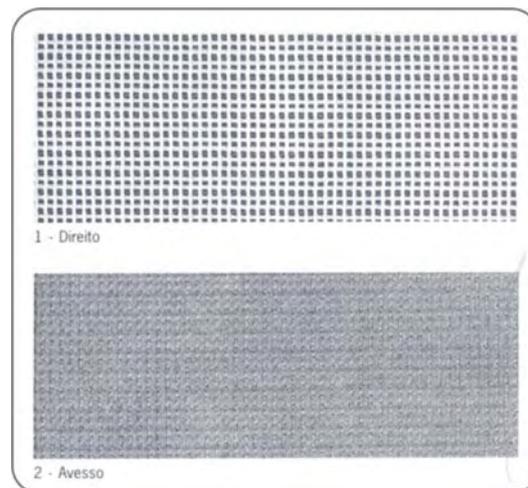


Fig. 2.25– Estrutura híbrida – vista do produto têxtil

FONTE: Araújo, Figueiro e Hong, (2000) [41].

2.3 ABORDAGENS DE INVESTIGAÇÃO – CONFORTO TÉRMICO VERSUS TRANSFERÊNCIAS DE CALOR E HUMIDADE

Em *History and Art of Warming and Ventilation Rooms and Buildings*, escrita por Walter Bernan e publicada em 1845, o autor prevê que a criação e o controle de ambientes climáticos artificiais assumirão a dimensão de uma ciência que contribuirá para o desenvolvimento da humanidade, para a preservação da saúde e longevidade do ser humano (Ruas, 2001, p. 31).

2.3.1 Resumo histórico

De acordo com Epstein e Moran [44], Haldane foi provavelmente o primeiro investigador a sugerir um índice adequado para verificar o stress térmico, em 1905. Nos anos 1920, Yaglou e seus colaboradores desenvolveram um índice de avaliação do conforto, denominado “Índice de Temperatura Efectiva”, através da combinação das temperaturas de termómetro seco e húmido e da velocidade do ar, factores determinados como fundamentais [44-48] necessidade de avaliar o nível da sensação de conforto das pessoas para a implementação de aparelhos de ar condicionado, fez surgir o interesse em desenvolver um método e quantificar esse aspecto.

Epstein e Moran [44] apresentam mais de quarenta índices relacionados com o estudo sobre conforto, desde 1905 até 2005 (ANEXO II).

De acordo com Oliveira [47], a perda de calor do corpo humano, por convecção, foi estudada por Winslow et al. em 1936; e Missenard, em 1937, desenvolveu o conceito da temperatura resultante, que considerava a convecção, a irradiação e a evaporação, sem considerar a questão do movimento do ar. Para Missenard as perdas do calor do corpo humano ocorrem em função da humidade relativa do ar, da temperatura e da temperatura radiante, onde a velocidade do ar é zero. Para o autor, a temperatura do ar é responsável pelas perdas por convecção; a temperatura dos objectos está ligada às perdas por irradiação; a humidade facilita ou dificulta as perdas por evaporação e que essas perdas estão interrelacionadas e interdependentes [47].

Em investigação realizada por Oliveira [47] sobre os estudos iniciais relativamente ao conforto térmico no Brasil, fez-se um resgate e análise da pesquisa de Paulo Sá, referente à avaliação de conforto térmico nas décadas de 1930 a 1950 no Rio de Janeiro e a sua relação com o modelo que determina as condições de conforto térmico: o VME – Voto Médio Estimado, proposto por Fanger (1970). Os estudos sobre avaliação de conforto térmico elaborados por Paulo Sá foram realizados entre 1931 e 1936 e 1951.

No mesmo período, Ribeiro, em 1939, realiza uma pesquisa sobre conforto térmico na cidade de São Paulo, seguindo a mesma metodologia que Sá abordou. O objectivo dos estudos em questão era melhorar o conforto térmico para projectos de engenharia e arquitectura para as cidades de Rio de Janeiro e São Paulo. Nos diferentes períodos analisados é considerada a resistência térmica do vestuário (ANEXO III).

De acordo com os resultados desses estudos e de outros posteriores, foi constatado que a sensação de conforto varia de indivíduo para indivíduo, do local onde se encontra, cultura e situação social, entre outros; portanto, em estudos sensoriais devem ser consideradas respostas de grupo uma vez que tem mais significância do que respostas individuais numa dada combinação de factores [40, 48-53].

Ainda sobre a evolução dos estudos relativamente ao conforto, Jenings e Givoni (1959) e Givoni (1963) demonstraram que o indivíduo dá respostas sensoriais térmicas bastante consistentes sobre seu nível de conforto e desconforto [54]. Gomes, em 1967 [46] estudou sobre conforto térmico para a construção de habitações em locais de climas tropicais e subtropicais.

O interesse pelo conhecimento nas sensações térmicas e as respostas sensoriais levou o homem a desenvolver aparelhos que simulassem as reacções do corpo humano. Na tentativa de simular o corpo humano em suas reacções térmicas, há controvérsias quanto à data da criação do primeiro manequim térmico. Antes de sua criação eram utilizados pratos e cilindros aquecidos para medir a resistência térmica das roupas com únicas ou múltiplas camadas têxteis (1930). O Mammot Sports Group (2003) relata que a General Electric desenvolveu o primeiro manequim térmico para fins de estudo em cobertores eléctricos em 1939; Endrusick (2008) e Holmér (2004), defendem que a criação do

manequim térmico em 1941 e em 1945, respectivamente, para trabalhos realizados por Harwood Belding junto ao vestuário utilizado nos campos de guerra [35, 55, 56].

O aparelho Togmeter foi desenvolvido pela empresa britânica Shirley Institute nos anos de 1960.

O uso de modelos matemáticos, manequins térmicos, a utilização de aparelhagens e equipamentos, para além das pesquisas realizadas com seres humanos como avaliadores, dão suporte às pesquisas sobre o sistema que envolve o conforto humano, seja ele homem-ambiente ou homem-vestuário-ambiente e propiciam melhor compreensão e aplicação das conclusões em busca do meio mais confortável para o ser humano [57].

2.3.2 Transferência de calor

O estudo de transferência de calor e sua relação com o conforto humano vem ocorrendo desde há muito tempo através de equipamentos que tentam, cada vez, reproduzir com fidelidade os fenómenos que envolvem esses aspectos.

O vestuário ocupa um espaço muito importante no processo de transferência de calor entre o homem e o ambiente, uma vez que funciona como uma segunda pele, ou mesmo uma barreira entre a superfície cutânea e o ambiente. A própria história do vestuário considera que a necessidade de protecção contra as intempéries da natureza levou o homem a utilizar peles de animais e assim suportar as variações de temperatura ambiental [58, 59].

A evolução humana demonstra transformações históricas da estrutura e função da pele, entre outras, a de manutenção da temperatura corporal [60]. Neste sentido, o vestuário tem, entre diversas funções, a de permitir uma adequada transferência de calor e humidade do corpo humano para o ambiente através das suas diferentes camadas. Fourty e Hollies descrevem o vestuário como um sistema quase fisiológico, como se o mesmo fosse uma extensão do corpo devido à interacção existente entre ambos [40, 61]. A compreensão dessa relação levou à investigação de medidas para a quantificação dos níveis de resistência e condutibilidade dos materiais têxteis.

O desenvolvimento da unidade Clo em 1941 por Gagge, Burton, e Bazett foi um importante avanço na ciência que previa uma medida padrão do isolamento térmico do vestuário [38, 55, 56]. 1 Clo corresponde ao isolamento do sistema do vestuário, que mantém confortável o indivíduo em descanso, vestindo um fato completo, num ambiente com temperatura de 21°C, humidade relativa de 50% e velocidade do ar de 0,1m/s [62]. Materiais com maiores valores Clo fornecem ao utilizador maior protecção térmica. Os parâmetros de conforto definidos por Fanger compreendem a [44]:

- O corpo deve estar em equilíbrio térmico;
- A taxa de sudção estar dentro dos limites de conforto e
- A temperatura média da pele estar dentro dos níveis de conforto.

Estes requisitos conceptuais para a determinação do conforto térmico podem ser expressos por termos mensuráveis como:

- Temperatura central do corpo dentro de um intervalo de 36,5°C a 37,5°C;
- Temperatura da pele de 30°C nas extremidades e
- Temperatura na cabeça e tronco entre 34°C e 35°C, e o corpo estará livre de sudção.

Os limites de conforto são a previsão dos níveis da actividade metabólica em que o utilizador pode manter e suportar o conforto térmico do corpo num determinado ambiente. A partir dos parâmetros mencionados, três limites de conforto são relatados:

- Estar associado com a manutenção da superfície da pele seca;
- Ter até 20% da superfície da pele molhada com suor, o que representa o nível mais aproximado de pessoa em actividades normais;
- O máximo nível, para 100% da pele molhada, indica que a pessoa está em estado de desconforto, altamente stressante.

Nesse contexto, Lambert e Xavier (2002), relatam que existem três condições para que a pessoa possa atingir o conforto térmico: que se encontre em neutralidade térmica, que a pessoa não esteja sujeita a desconforto localizado e que a temperatura da sua pele a taxa de sudção estejam dentro de certos limites compatíveis com a sua actividade [63].

Transferências de calor envolvem isolamento e condutividade térmica. Para obtenção destas unidades de medida térmica, alguns processos, equipamentos e procedimentos são utilizados, como o manequim térmico e aparelho togmeter.

2.3.2.1 Manequim térmico

Dentre as experiências adicionais e mais recentes, podem ser citadas as que utilizam o manequim térmico que simula as reacções humanas. Inicialmente estático, a segunda geração é formada por manequins que se movem. Para simular a sudação alguns investigadores colocaram no manequim térmico roupa interior feita de material altamente absorvente e aspergiram água. A terceira geração de manequins simula a transpiração e move-se. Pode acrescentar-se, ainda, a quarta geração que são os softwares de modelos virtuais, exemplos mostrados na Figura 2.26 [56, 64-68].



Fig. 2.26 – Imagens utilizadas em softwares que substituem o manequim térmico

FONTE: Nilsson *et al.*, 2007 [66]

Estudos envolvendo respostas dos termorreceptores cutâneos mostram algumas formas para avaliar o conforto térmico. Lv e Liu [50] correlacionam variáveis como a velocidade e temperatura do ar, humidade, radiação, nível de actividade biológica, metabolismo do corpo, excitação dos neurónios, estado de saúde e respostas individuais a esses factores climáticos. Os autores destacam que os receptores cutâneos são directamente dependentes da temperatura, e, estatisticamente, são derivados da variação de temperatura. Assim, os receptores de calor têm coeficientes positivos enquanto os receptores do frio têm coeficientes negativos, à medida que varia a temperatura [50].

Para Sakoi et al. [69] o estado termofisiológico está intimamente relacionado com a sensação térmica e o conforto térmico. Numa experiência com humanos – em 25 pontos (Figura 2.27), e no manequim térmico – com 20 segmentos, verificaram as sensações de conforto total e as de desconforto localizado em ambiente não uniforme. Criaram três ambientes assimétricos, utilizando painéis de radiação. Chegaram à conclusão que a sensação de conforto total tendeu a diminuir à medida que aumentou a magnitude das alterações ambientais. Esse caso indica que efeitos combinados de factores resultam em sensações que dependem directamente das condições ambientais [69].

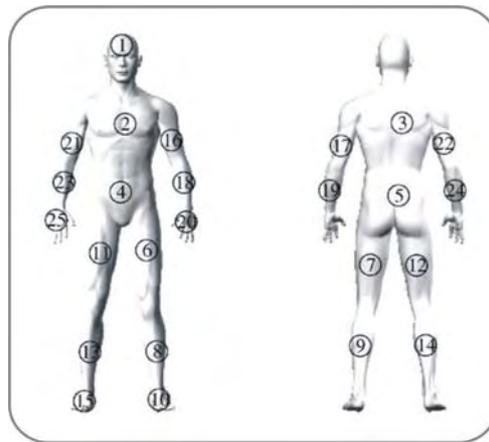


Fig. 2.27 – Pontos de medição da temperatura local da pele no corpo humano

FONTE: Sakoi *et al.*, 2007 [69]

A busca pelo conforto térmico localizado foi realizada por investigadores da Universidade do Minho no estudo de material para revestimento interno de sapatos. Utilizando o manequim térmico, verificaram que materiais têxteis dupla face que combinam fibras hidrófilas e hidrofóbicas em cada face, favorecem o conforto térmico. Isto pode ocorrer se as fibras que não absorvem humidade ficam em contacto com o pé para conduzir a humidade para a face externa formada pelas fibras hidrófilas [70].

2.3.2.2 Togmeter

O Instituto britânico Shirley desenvolveu o togmeter como uma alternativa fácil de seguir o Sistema Internacional de unidades – SI (Système Internationale d'Unités) de m^2K/W . Criado em 1960, o Shirley Togmeter (Figura 2.28) é o padrão para a classificação de aparelhos de resistência térmica dos têxteis.

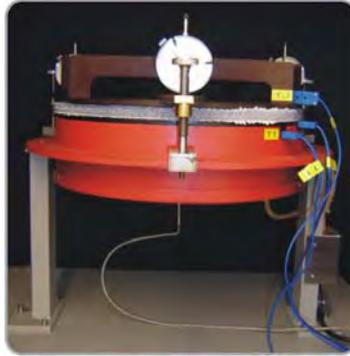


Figura 2.28 – Shirley Togmeter

FONTE: Foto particular

1 tog corresponde a $0.1 \text{ m}^2\text{K/W}$, ou seja, a resistência térmica em togs é igual a 10 vezes a diferença de temperatura em Celsius ($^{\circ}\text{C}$) entre duas superfícies de um material, considerando o fluxo de calor igual a um watt por metro quadrado.

Comparando com a unidade Clo, a relação entre as duas unidades é a seguinte:

$$1\text{tog} = 0,645\text{Clo} \quad (2.3.1)$$

O Tog é uma medida de resistência comumente utilizada em materiais têxteis e vestuário, sendo frequentemente utilizadas no estudo térmico de edredões [38].

2.3.3 Transferência de humidade

É muito importante reduzir os efeitos causados pela humidade gerada durante actividades físicas. Nesse momento, é de fundamental importância que o vestuário favoreça a transferência de humidade do corpo para o ambiente, evitando o stress térmico. Neste contexto, diversos autores estudaram os processos que envolvem a transferência da humidade através dos têxteis e definiram que o fluxo de água no material têxtil ocorre de quatro formas diferentes [51, 71-77]:

- Difusão do vapor de água através dos espaços entre as fibras;
- Absorção, transferência e dessorção do vapor de água pelas fibras;
- Absorção e difusão do vapor de água ao longo da superfície das fibras;
- Difusão do vapor de água entre os espaços dos fios.

Os autores concluíram que a capacidade de transmissão da humidade tem um papel muito importante no conforto do utilizador, principalmente quando o índice de humidade no vestuário é muito alto porque o corpo está a produzir grandes quantidades de suor líquido.

A transpiração reduz o isolamento térmico do vestuário como um resultado da elevada condutividade térmica efectiva, do transporte do suor líquido e da evaporação da água contida no vestuário. O aumento do teor de humidade liberta calor e altera as propriedades térmicas do vestuário [77, 78]. Assim, a humidade deve ser transportada para longe da pele o mais rápido possível para permitir o conforto do utilizador.

A transferência da água líquida através do material têxtil é determinada principalmente pela tensão superficial e pela distribuição efectiva dos poros e capilares. Este fluxo envolve dois processos sequenciais – a molhagem e a capilaridade.

2.3.3.1 Wetting ou molhagem

A molhagem corresponde ao comportamento inicial da fibra, fio ou tecido quando entra em contacto com o líquido, ou seja, “a condição resultante do contacto de uma superfície sólida com um líquido específico sob condições específicas” [74]. Durante a molhagem, a interface fibra/ar (vapor) é substituída pela interface fibra/líquido. A medição da molhagem ocorre através do ângulo de contacto entre a gota e a superfície do produto (Figura 2.29). Se o ângulo de contacto é pequeno, ou se aproxima de zero, significa que o grau de molhagem está no seu limite máximo. A molhagem pode também aumentar se a tensão de superfície na interface líquido-sólido diminuir, como também pelo aumento na temperatura do líquido, pois a tensão de superfície é reduzida, resultando numa maior molhagem. Outros factos que podem alterar a molhagem é a variação da densidade e viscosidade do líquido: quanto maiores a viscosidade e a densidade, menor a capacidade de molhagem do material, uma vez que a tensão superficial aumenta; e a natureza química da superfície que, com o aumento da hidrofiliabilidade, o ângulo de contacto é reduzido e o grau de molhagem aumentado.

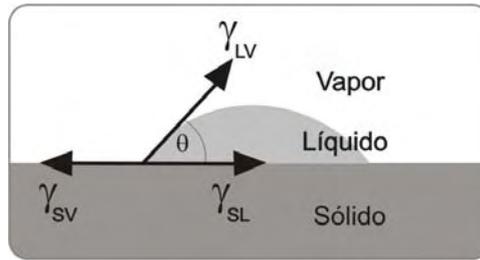


Fig. 2.29 – Estado de equilíbrio de uma gota líquida numa superfície sólida

FONTE: Patnaik *et. al*, 2006: 2 [74]

Onde: γ_{SL} = tensão superficial sólido-líquido

γ_{SV} = tensão superficial sólido-vapor (ar)

γ_{LV} = tensão superficial líquido-vapor (ar)

A equação que relaciona o ângulo de contacto a as diversas tensões é a equação de Young-Dupré [72, 74]:

$$\gamma_{LV} \cos \theta = \gamma_{SV} - \gamma_{SL} \quad (2.3.2)$$

A heterogeneidade, o tamanho e a orientação dos poros e dos capilares, a viscosidade do líquido e a hidrofiliidade do material têxtil afectam a penetração do líquido na estrutura do fio e, conseqüentemente, as suas propriedades de retenção de líquidos [74, 79-81].

Verifica-se que a molhagem é uma etapa anterior à capilaridade. Passado o processo de molhagem inicial, o fluxo do líquido tende a espalhar-se pelo substrato têxtil.

2.3.3.2 Wicking ou capilaridade

A capilaridade ou wicking é o resultado do fluxo capilar gerido pelas características da fibra, propriedades do líquido, tensões interfaciais ou ainda por outros factores. O transporte do líquido num substrato têxtil pode ser causado pelas forças capilares e pelas forças externas, ou seja, pode ocorrer quando um líquido molha o material fibroso e se espalha nos espaços capilares entre as fibras. A magnitude da pressão capilar é dada pela equação de Young-Laplace [74, 82]:

$$P = \frac{2\gamma_{LV} \cos \theta}{R_c} \quad (2.3.3)$$

Onde R_c é o raio capilar.

Alguns factores determinantes para esse processo incluem a tensão superficial, a geometria da estrutura dos poros e a sua interacção com o meio líquido, a densidade e as propriedades de molhagem da superfície das fibras [75].

A capilaridade pode ser definida como um deslocamento espontâneo no sistema capilar da interface sólido-ar com a interface sólido-líquido. Isto é, o transporte do líquido dentro dos espaços capilares acompanhado da difusão simultânea do líquido no interior das fibras. Para que o deslocamento seja espontâneo, a energia livre tem que ser adquirida e o trabalho de penetração tem que ser positivo. Isso ocorre quando a energia interfacial sólido-ar (a superfície da fibra em contacto com o ar) excede a energia interfacial sólido-líquido (a superfície da fibra e o líquido):

$$W_p = \gamma_{SV} - \gamma_{SL} \quad (2.3.4)$$

W_p é o trabalho de penetração, ou seja, a medida da energia requerida para a penetração capilar.

A penetração capilar e a pressão capilar apresentam similaridades. Quando o líquido na capilaridade molha as paredes dos capilares, um menisco é formado. A tensão de superfície do líquido causa diferenças na pressão através da curva na interface líquido-vapor (ar), relacionadas com a curvatura desta interface.

As forças capilares conduzem o líquido entre os espaços capilares. Caso esse caminho seja limitado ao espaço entre as fibras, não ocorre a absorção do líquido sendo denominado “absorção capilar”. Quando as fibras absorvem o líquido o espaço existente entre os capilares é reduzido, diminuindo, conseqüentemente, o fluxo do líquido [75].

Relativamente aos poros, a retenção do líquido é possível pelo aumento do número de pequenos poros ou pelo aumento no volume total dos poros na estrutura do tecido, mas

é sabido que a propagação do líquido é mais rápida e a distribuição mais uniforme nas superfícies com pequenos poros. Verifica-se esse facto, por exemplo, nos tecidos de algodão e poliéster. A estrutura irregular capilar da fibra e a capacidade de absorção do algodão (pelas forças de atracção de Van der Waals ou por pontes de hidrogénio) provocam maior retenção do líquido [71, 74, 75].

A capilaridade ocorre quando o tecido é parcial ou completamente imerso num líquido ou em contacto com uma quantidade limitada de líquido. A capilaridade pode ocorrer de duas formas diferentes:

- Capilaridade vertical ou longitudinal
- Capilaridade horizontal ou transversal

A capilaridade vertical é um processo no qual uma tira de determinado material têxtil (fibroso) é colocada suspensa e com a extremidade inferior imersa em líquido. O movimento de subida do líquido é então monitorizado. Para além dos factores já mencionados, a gravidade é outro aspecto que influencia o processo de capilaridade vertical [75, 80-83].

A capilaridade horizontal é o transporte do líquido através da estrutura do tecido [74, 75], ocorrendo no sentido perpendicular ao plano do tecido. Alguns autores consideram que esta tipologia de capilaridade é mais importante devido ao facto de se assemelhar ao mecanismo durante o uso do vestuário, ou seja, similar ao mecanismo de remoção da transpiração líquida da pele através da espessura do tecido [72, 75]. Anexo IV descreve detalhadamente os processos de capilaridade vertical e horizontal.

2.3.4 Conforto sensorial *versus* transferências de calor e humidade

A pele é o maior órgão sensorial do corpo humano. Os nervos sensoriais terminais e, especialmente, os glóbulos tácteis distribuídos por toda a pele humana sentem a mudança e os estímulos do ambiente que o circunda tais como mudanças progressivas de temperatura, conforto, pressão fisiológica e calor [20, 45, 49, 84, 85].

Lv e Liu [49] investigaram no sentido de interpretar os efeitos térmicos nas respostas dos nervos envolvidos na pele humana. Verificaram que o ser humano tem receptores de aquecimento e arrefecimento na forma de nervos diferenciados, os termoreceptores, e que cada um tem diferentes taxas de sensibilidade à temperatura ambiente. O fluxo de calor sanguíneo influencia na distribuição da temperatura da pele assim como também na distribuição volumétrica do calor. Neste estudo, foi utilizado o índice definido como Grau de Conforto Térmico (TCD) o qual reflecte o nível de satisfação do indivíduo em ambientes predeterminados em 10, 25 e 40°C, ou seja, o índice demonstra uma resposta sensorial dos neurónios às condições climáticas ambientais.

Alguns trabalhos de investigação anteriores têm apresentado zonas de conforto no Inverno e no Verão, mas é largamente aceita, como confortável, a temperatura ambiente de 25°C. O Anexo V mostra zonas de conforto apresentadas ao longo dos anos, desde 1900 [49].

Ainda neste âmbito, Wang e Li [64] investigaram sobre um método para medir a propriedade de transferência de calor e humidade em condições dinâmicas, isto é, o suor de vapor (latente) e o suor em forma líquida (sensível). Para validar os resultados do método em investigação, efectuaram experiências com seres humanos a fim de reunirem dados para comparar com os obtidos num aparelho por eles desenvolvidos (Figura 2.30). Utilizaram a simulação do corpo humano a suor para medir as mudanças dinâmicas do fluxo de calor, pressão e temperatura. De acordo com os dados obtidos, a taxa de humidade e calor e a taxa de difusão térmica relativa são calculadas para avaliar a transferência de calor e humidade dos tecidos em condições de suor latente e aparente.

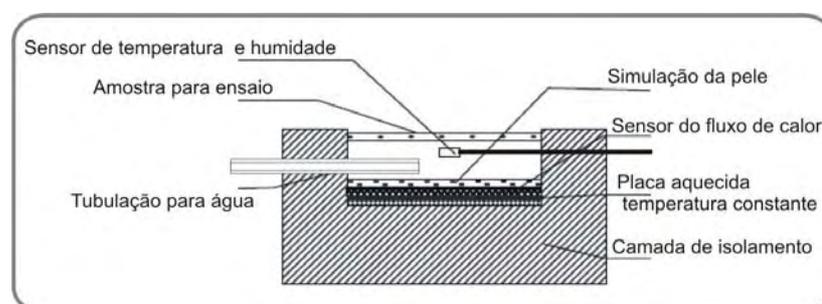


Fig. 2.30 – Equipamento que testa o micro ambiente do tecido (suor latente)

FONTE: Wang & Li, 2005 : 708 [64]

O método consiste na criação de dois índices: o RTDR que reflecte a eficiência da difusão térmica e a propriedade do tecido na transferência de humidade em condições de suor aparente, e o HMR que apresenta a eficiência da evaporação da pele a arrefecer e a propriedade do tecido na transferência de humidade, em período de sudação. Na análise do conforto térmico de calor e humidade, quanto maior o HMR, menor a sensação de desconforto do utilizador; quanto maior o RTDR, mais rápida é a evaporação da água retida nos capilares.

Mayer [86] investigou o conforto térmico a partir de um sensor em pele artificial. Foi simulado o coeficiente de emissão de calor desta pele que consiste numa resistência electricamente aquecida a uma taxa constante de 85W/m^2 e de calefactores que evitam fluxos de calor. A temperatura da pele resulta das condições térmicas do corpo e do ambiente, o que de acordo com o autor, é decisivo para o desconforto. Para Mayer, a perda de calor do corpo humano consiste essencialmente na convecção e na radiação, portanto, a fórmula que apresenta para o equilíbrio de calor na pele humana, desconsidera outras perdas de calor como, por exemplo, pela evaporação.

A Figura 2.31 ilustra a pele artificial desenvolvida neste estudo e o medidor de temperatura utilizados em estudos para o conforto em automóveis e que, em conjunto, simulam o balanço térmico.



Fig. 2.31 – Medidor de temperatura e pele artificial utilizada por Mayer

FONTE: Mayer, 2001 [86]

O Skin-Model (Figura 2.32) é um modelo termoregulador, padronizado internacionalmente, medindo o conforto termofisiológico de materiais têxteis sob uma temperatura de 35°C . É constituído por uma placa porosa, para a qual a água é fornecida

através de canais na base inferior, uma analogia à saída do suor pelos poros da pele. As transferências de calor e humidade são comparáveis às do corpo humano [87].

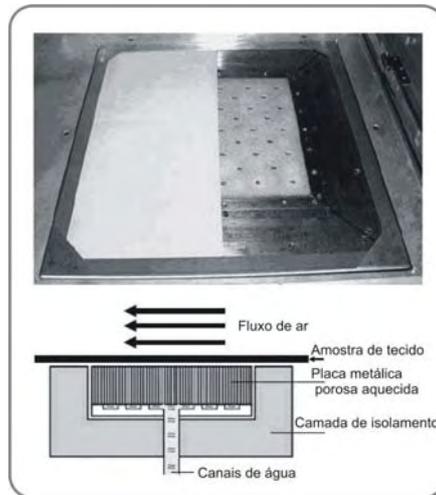


Fig. 2.32 – Foto e esquema do Skin-Model

FONTE: Bartels, 2006 [87]

O aparelho pode verificar o conforto em quatro condições:

- Situação de uso normal – o utilizador não reconhece que está a suar;
- Situação de baixa sudação – o utilizador percebe o suor, mas não se sente molhado;
- Situação de elevada sudação – alta quantidade de suor líquido aparece na pele;
- Situação pós exercício – quando o utilizador sente o “post exercise chill”, arrefecimento pós exercício.

O corpo humano possui a capacidade de funcionar sob diversas condições ambientais graças ao seu mecanismo de regulação da temperatura corporal. Devido à sua complexidade muitos outros estudos abordam a acção do calor, da humidade, das propriedades dos têxteis no cálculo e avaliação do conforto.

2.4 CONCEITOS ASSOCIADOS À TEORIA DO CONFORTO

Os estudos relacionados com o conforto termofisiológico datam de há muitos anos. De uma forma geral, visam analisar e estabelecer condições adequadas de um ambiente térmico que possibilite ao homem desenvolver as suas actividades ‘confortavelmente’.

Entretanto, considerando as variações biológicas e que as pessoas têm reacções diferenciadas e particulares, considera-se um ambiente agradável quando a maioria das pessoas (pelo menos 80% - ASHRAE) que utilizam determinado ambiente, expresse satisfação.

Pela sua própria natureza, os estudos de conforto térmico apresentam carácter multidisciplinar, possuindo ligação estreita com a área de Engenharia, em várias das suas modalidades, de Arquitectura, de Ciências Humanas e das Ciências da Saúde.

2.4.1 Conceitos fundamentais

Factores físicos e fisiológicos interferem nas sensações percebidas entre o homem e o ambiente e são a base para todos os estudos de conforto. Assim, devem ser considerados diversos factores que estão directamente ligados com a sensação de conforto. Em geral, pode-se associar o conforto térmico às situações onde se tem um mínimo de esforço fisiológico para adaptação ao ambiente em questão.

A Ciência do Conforto considera que a relação vestuário / bem-estar é essencial na sensação de conforto, embora o conceito de Conforto seja muito subjectivo, tendo em vista que é uma impressão produzida nos órgãos dos sentidos, percebida pelo toque e transmitida ao cérebro pelos nervos. Entretanto, a fisiologia do vestuário enumera quatro tipos de conforto [40, 52, 87, 88]:

- **Conforto termofisiológico** – está relacionado com o equilíbrio térmico do homem com o meio ambiente, isto é, quando a perda de calor do corpo é equivalente à quantidade de calor produzida pelos processos fisiológicos internos;
- **Conforto sensorial** – é obtido através das sensações mecânicas que os têxteis causam directamente na pele. As percepções sentidas podem ser agradáveis, com o toque macio e flexível; mas também podem ser desagradáveis ao tacto, se o vestuário for áspero ou se aderir à pele suada;
- **Conforto psicológico** – refere-se à sensação que o utilizador tem de se sentir bem de acordo com o seu status, nível social, cultural e profissional. Directamente ligado ao design visual, é definido pelas preferências pessoais,

formas, cores, ideologias, entre outros factores. O factor aparência é preponderante e, atender a essa necessidade, favorece o maior interesse do utilizador na hora da escolha da compra sendo, portanto, aspecto fundamental no processo de desenvolvimento do produto;

- **Conforto ergonómico** – trata da estrutura do vestuário com a do utilizador e a sua liberdade de movimentos. Está directamente ligado com o grau de elasticidade do material têxtil e a modelagem da peça.

Por considerar o conforto sensorial um aspecto importante neste estudo, o Anexo IV apresenta uma abordagem mais detalhada.

2.4.2 Metodologia de Fanger

Um dos estudos de referência mais relatados é o de Fanger que, em 1970, realizou uma investigação detalhada sobre o efeito dos factores climáticos sobre as sensações térmicas.

Fanger lançou o *Thermal Comfort*, onde mostrou o índice de conforto térmico no qual incluiu variáveis que considerava fundamentais nas alterações térmicas na relação homem – meio ambiente [34, 54, 89]. Para o autor, essas variáveis que contribuem para a sensação de conforto são: temperatura ambiente, humidade relativa do ar, velocidade do ar, temperatura radiante, nível de actividade e as características do vestuário. As investigações de Fanger geraram um modelo que determina as condições de conforto térmico: o PVM (*Predicted Mean Vote*) ou VME – Voto Médio Estimado.

O VME proposto por Fanger foi aceite e adoptado pelas normas internacionais. A ISO 7730 (1994) e ASHRAE (1997) [47] utilizam a escala numérica de sensações de sete pontos (Quadro 2.7):

Quadro 2.7 – Escala de sensação de conforto por Fanger						
- 3	- 2	- 1	0	+ 1	+ 2	+ 3
Insuportavelmente frio	Frio	Ligeiramente frio	Confortável (neutro)	Ligeiramente quente	Quente	Insuportavelmente quente

O VME foi definido a partir de ensaios realizados com pessoas em câmaras climatizadas e considerava as sensações térmicas acima descritas. Para estabelecer o conforto térmico humano Fanger definiu três condições:

- O indivíduo encontrar-se em equilíbrio térmico;
- A taxa de suor e a temperatura média da pele estarem dentro dos limites de conforto; e
- O indivíduo não estar sujeito a desconforto localizado.

Fanger considerou que zero (0) corresponde à neutralidade térmica, onde o indivíduo não sente frio nem calor e, assim, apresentou a equação de conforto que parte do pressuposto que, numa determinada actividade física, a sensação térmica confortável ocorre em função das trocas de calor entre o corpo e o ambiente e da facilidade encontrada pelo corpo para realizar as trocas necessárias [ASHRAE, 1993 p. 8.1 (47)]:

$$M - W = Q_{sk} + Q_{res} = (C + R + E_{sk}) + (C_{res} + E_{res}) \quad (2.4.1)$$

Onde:

M = taxa metabólica de produção de calor (W/m²)

W = taxa de eficiência mecânica (W/m²)

Q_{res} = taxa total de calor perdida de calor pela respiração (W/m²)

Q_{sk} = taxa total da perda de calor pela pele (W/m²)

C_{res} = taxa da perda de calor latente por convecção (W/m²)

C + R = perda de calor sensível por convecção e radiação pela pele (W/m²)

E_{res} = taxa da perda de calor latente por evaporação (W/m²)

Combinando variáveis pessoais e ambientais, a equação da sensação de conforto deduzida por Fanger pode ser assim representada:

$$f\left(\frac{H}{A_{Du}}, I_{cl}, t_a, t_{mrt}, V, t_s, \frac{E_{sw}}{A_{Du}}\right) = 0 \quad (2.4.2)$$

Onde:

$\frac{H}{A_{Du}}$ = Produção de calor interna por área superficial do corpo

I_{cl} = Resistência térmica do vestuário (Clo)

t_a = Temperatura do ar (°C)

t_{rmt} = Temperatura radiante média (°C)

V = Velocidade relativa do ar

t_s = Temperatura superficial da pele (°C)

$\frac{E_{sw}}{A_{Du}}$ = Perda de calor pela evaporação do suor por área superficial do corpo

e

A_{Du} = Área Dubois ($0,202 \cdot m^{0,425} \cdot l^{0,725}$) (m²)

m = massa do corpo (kg)

l = altura do corpo (m)

A premissa básica para o equilíbrio térmico é que a quantidade de calor ganha através do metabolismo e a quantidade de calor recebida do ambiente sejam na mesma proporção da quantidade de calor cedida para o ambiente. Entretanto, as combinações entre as variáveis ambientais e individuais podem não fornecer o conforto térmico à pessoa, mesmo estando em condições de equilíbrio térmico.

Onder e Sarier [34] definem assim as variáveis usadas no modelo VME:

- **Variáveis físicas:** Temperatura do ar (t_a) – a temperatura do ar que rodeia o indivíduo;
Humidade relativa (RH) – a taxa da pressão parcial do vapor de água no ar, à pressão da saturação do vapor d'água na mesma temperatura e na mesma pressão total;
Velocidade do ar (V_a) – a média instantânea da velocidade do ar num intervalo de tempo;
Média da temperatura radiante (t_r) – a temperatura uniforme da superfície de uma câmara escura imaginária onde o indivíduo iria trocar a mesma quantidade de calor radiante bem como num espaço real não uniforme;

- **Variáveis pessoais:** Taxa metabólica (M) – a taxa de transformação da energia química em calor e trabalho mecânico pelas actividades metabólicas dentro do organismo. Normalmente é expressa por unidade de área da superfície total do corpo.
Isolamento do vestuário (I_{cl}) – a resistência à transferência de calor sensível fornecido pelo vestuário. Expresso em unidade Clo.
Isolamento de uma peça do vestuário (I_{cle}) – o aumento da resistência à transferência de calor sensível pela adição de uma roupa individual sobre o corpo nu. Também expresso em unidade Clo.

Como já relatado anteriormente, existem alguns métodos para testar a sensação de conforto de calor e humidade, sendo normalmente ordenados da seguinte forma:

- i) medir as propriedades de transferência de calor e humidade;
- ii) medir a resistência térmica e a permeabilidade do vapor da humidade no manequim térmico; e
- iii) utilizar indivíduos [90]

2.4.3 Conforto e vestuário

Cada pessoa transporta consigo, na sua roupa, um clima individual (Pettenkofer).

O ser humano não possui meios naturais para promover o equilíbrio térmico entre seu corpo e o meio ambiente para suportar as mais diversas variações climáticas. Assim, o vestuário actua como isolante térmico para limitar as perdas de calor do corpo, poupando sua energia interna e proporcionando melhores sensações de bem-estar.

Quando se pensa na sensação de conforto referente ao vestuário, relaciona-se imediatamente à condição de isolamento térmico. A Engenharia e Ciência do Conforto considera a relação homem-ambiente-vestuário um sistema no qual estes se relacionam mutuamente e favorecem as sensações percebidas pelo utilizador.

Wang e Li [64] afirmam que as propriedades relacionadas com o calor e a humidade do tecido são o factor chave do conforto dos têxteis e do vestuário e que influenciam a qualidade e as características do vestuário funcional. Algumas destas propriedades tais como térmicas, de gestão da humidade, permeabilidade e físicas estão descritas no Anexo VII.

As funções básicas do vestuário definidas por Flügel (1966) são: enfeite, protecção e pudor [58, 91]. Neste contexto, Geraldes [40] descreve que o principal objectivo do vestuário é proteger o corpo humano das agressões ambientais, de modo a manter uma temperatura média da pele na ordem dos 31 a 33°C e que a humidade relativa entre a pele e a camada do interior do vestuário deve ser superior a 60%.

O movimento do corpo reduz o isolamento do vestuário pela circulação do ar entre a roupa e a pele – microclima. Esse efeito varia consideravelmente dependendo das características do vestuário – rígido e apertado, elástico e folgado; e do tipo e velocidade do movimento – andar lentamente ou saltar rapidamente [92]. O Quadro 2.8 apresenta valores de isolamento de peças de roupa, considerando a pessoa em estado estacionário.

O Quadro 2.8 mostra os valores Clo para peças de vestuário definidos pela ISO 7730 (1994).

Quadro 2.8 – Isolamento térmico para peças de roupa	
Peça de roupa	Isolamento térmico (Clo)
ROUPA INTERIOR	
Cueca	0.03
Ceroula longa	0.10
Camisola com manga curta	0.09
Camisola com manga comprida	0.12
Cueca e soutien	0.03
CAMISOLA	
Mangas curtas	0.15
Camisola leve, manga comprida	0.20
Camisola normal, manga comprida	0.25
Camisola de flanela, manga comprida	0.30
CALÇA	
Calção	0.06
Calça leve	0.20
Calça normal	0.25

A completa definição do isolamento requer o valor equivalente a $0,155^{\circ}\text{Cm}^2/\text{w}$, considerando o homem em estado estacionário e a produzir calor a uma taxa de $58\text{W}/\text{m}^2$ em uma atmosfera aproximada de 21°C com 50% de humidade relativa do ar e movimento de ar de $0,1\text{m}/\text{s}$ [34, 62].

Para o cálculo do isolamento térmico a ser utilizado no presente trabalho foram adoptadas as fórmulas indicadas na Norma ISO 15831: 2004.

Para o isolamento térmico total I_T são considerados dois métodos de cálculo: em série e em paralelo. Os métodos em série e em paralelo fazem uso da temperatura da pele e do fluxo de calor de cada segmento para o cálculo da resistência local, as quais foram, somadas de acordo com o modelo em série e em paralelo, respectivamente. As equações dos referidos métodos são definidas por:

Método de cálculo em série

$$I_t = \sum_i f_i x \left[\frac{(T_{si} - T_a) x a_i}{H_{ci}} \right], \text{ em metros quadrados Kelvin por watt} \quad (2.4.3)$$

Onde $f_i = \frac{a_i}{A}$

Método de cálculo em paralelo

$$I_t = \frac{(T_s - T_a) x A}{H_c}, \text{ em metros quadrados Kelvin por watt} \quad (2.4.4)$$

Onde:

T_s é a temperatura da superfície da pele do manequim ($^{\circ}\text{C}$)

T_{si} é a temperatura da superfície da pele do segmento i do corpo do manequim ($^{\circ}\text{C}$)

T_a é a temperatura do ar ambiente ($^{\circ}\text{C}$)

A_i é a área da superfície total do corpo do manequim (m^2)

a_i é a área da superfície do segmento i do corpo do manequim (m^2)

H_c é a energia total gasta pelo manequim (W)

H_{ci} é a energia gasta pelo segmento i do corpo do manequim (W)

f_i é a fracção da área de superfície total do manequim representada pelo segmento i

A Norma define ainda o isolamento térmico da camada de ar (I_a) obtido com o manequim despido, o isolamento térmico básico (I_{cl}), e o isolamento térmico efectivo do vestuário em investigação (I_{cle}), a partir das seguintes fórmulas:

$$I_a = \sum_i f_i \left[\frac{(T_{si} - T_a) \times a_i}{H_{ci}} \right] \text{ (método em série)} \quad (2.4.5)$$

$$I_a = \frac{\left[\left(\sum_i f_i \times T_{si} \right) - T_a \right] \times A}{\sum_i H_{ci}} \text{ (método em paralelo)} \quad (2.4.6)$$

$$I_{cl} = I_t - \frac{I_a}{f_{cl}} \quad (2.4.7)$$

$$I_{cle} = I_t - I_a \quad (2.4.8)$$

Devido às possibilidades de variação, estimativas precisas do isolamento térmico numa pessoa em actividade, não estão disponíveis a menos que as medições tenham sido feitas com vestuário específico sob as condições em questão [34]. Uma estimativa aproximada de isolamento térmico do vestuário de uma pessoa em movimento é:

$$I_{cl,activo} = I_{cl} \times \left(0,6 + \frac{0,4}{M} \right) \quad (2.4.9)$$

sendo $1,2 \text{ met} < M < 2,0 \text{ met}$, onde:

M = taxa metabólica em unidades *met*

I_{cl} = Isolamento sem actividade

Para taxas metabólicas inferiores ou iguais a 1,2 met, não é recomendado ajustar os valores [34].

As recomendações presentes na ASHRAE Standard 55 (ASHRAE 1992) apresentam-se no Quadro 2.9. Estas condições térmicas devem assegurar que pelo menos 90% das pessoas estão termicamente satisfeitas.

Quadro 2.9 – Condições térmicas de conforto			
Estação	Temperatura ótima	Amplitude térmica aceitável	Pressupostos para outros VME
Inverno	22°C	20-23°C	Humidade relativa – 50% Velocidade média relativa – < 0,15m/s Temperatura média – igual à temp. do ar Taxa metabólica – 1,2 met Isolamento do vestuário – 0,9 clo
Verão	24,5°C	23-26°C	Humidade relativa – 50% Velocidade média relativa – < 0,15m/s Temperatura média – igual a temp. do ar Taxa metabólica – 1,2 met Isolamento do vestuário – 0,5 clo

FONTE: Sarier & Onder, 2007 – ASHRAE Standard 55 (1992) [35]

No período de temperaturas mais baixas, ou em climas frios, a transpiração é menos intensa, conseqüentemente, o arrefecimento do corpo é baixo. Já em temperaturas mais elevadas, ou em climas quentes, o fluxo sanguíneo aumenta e o gradiente entre o núcleo e a pele diminuem aumentando as perdas térmicas por convecção [40]. Verifica-se que a análise do conforto termofisiológico do vestuário no Verão é mais complexa, pois as temperaturas elevadas causam a vasodilatação, intensificando a acção dos vasos e, assim, exigindo mais do vestuário.

O vestuário minimiza as perdas de calor por condução e convecção ao permitir a criação de uma camada de ar, não renovada, junto à superfície corporal. Entretanto, quando a roupa se encontra molhada ou húmida (devido ao suor), perde-se esta capacidade devido à alta condutibilidade da água, uma vez que a mesma eleva a taxa de transferência de calor através da roupa em até 20 vezes ou mais [93, 94]

Alguns requisitos são considerados fundamentais para que o vestuário seja considerado fisiologicamente adequado [40]:

- Capacidade de absorção e transferência adequada da humidade;
- Elasticidade para não impor limitações de movimentos;
- Compatibilidade com a pele;
- Ausência de odores desagradáveis;
- Forma estável;
- Peso leve para não prejudicar o rendimento da capacidade física; e
- Possibilitar microclima agradável em relação à temperatura e humidade.

O design do vestuário, os seus componentes e a forma de abotoamento afectam geralmente o isolamento do sistema do vestuário. O nível de actividade do utilizador influencia directamente o seu conforto térmico porque a produção metabólica do calor aumenta com a actividade física. Consequentemente, menos isolamento é requerido se o calor adicional for gerado pelo corpo [34, 77, 92, 95-98].

2.5 FISILOGIA DO EXERCÍCIO E CONFORTO

Quando uma determinada acção, humana ou não, ocorre e causa desconforto, o ser humano automaticamente procura caminhos para restabelecer o seu conforto... (Humphreys, citado por Oliveira, 2001:115).

2.5.1 Processo de percepção do conforto

A concepção de conforto é muito subjectiva uma vez que envolve aspectos fisiológicos e psicológicos individuais, portanto, varia de pessoa para pessoa. Entretanto, a procura de condições que permitam a satisfação do homem é constante e alargada. O estudo do conforto abrange diversos segmentos de investigação assim como são várias as formas de abordagem a respeito de como identificá-lo, analisá-lo e tirar conclusões.

A percepção do conforto abrange os processos físico, psicológico e fisiológico como pode ser visualizado na Figura 2.33.

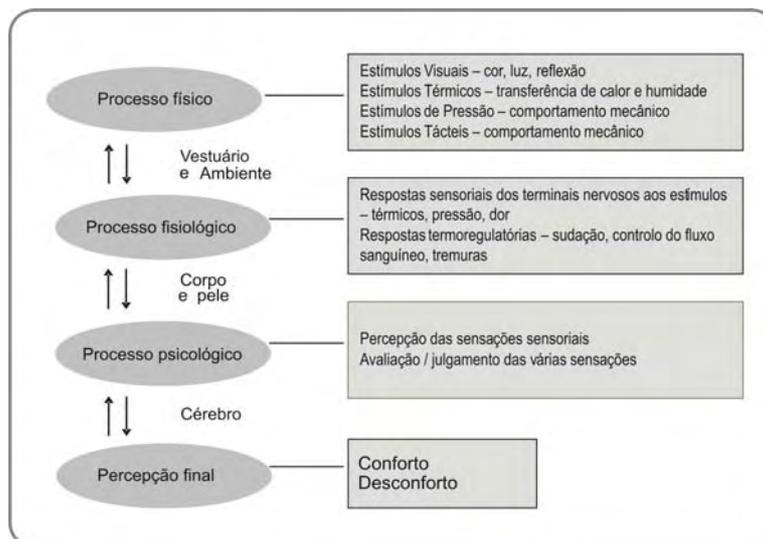


Fig. 2.33 – Esquema da percepção do conforto

FONTE: Li, 1999 [99]

Como se percebe, o processo físico envolve os estímulos que o corpo recebe do vestuário e do ambiente; o processo fisiológico compreende as reacções fisiológicas que o corpo humano apresenta perante as mais diversas situações ambientais e de actividades; o processo psicológico é um reflexo das sensações sensoriais. A percepção final de conforto e desconforto é decorrente da interacção entre estes aspectos em todo o sistema corpo – vestuário – ambiente processados no cérebro.

2.5.2 Equilíbrio térmico

O funcionamento regular do corpo humano ocorre quando o mesmo se encontra apto a desempenhar as suas actividades, que podem ser subdivididas em duas categorias: actividades basais internas e actividades externas.

As actividades basais internas compreendem as que ocorrem independentes da vontade humana, e são suficientes para fazer com que os órgãos do corpo funcionem a contento; as actividades externas são aquelas realizadas conscientemente pelo homem através do seu trabalho ou de alguma actividade desempenhada.

O equilíbrio entre o homem e o meio no qual interage ocorre mediante a procura de acções que assegurem o conforto térmico. Esta interacção está vinculada, entre outras acções, à actividade e ao vestuário que utiliza. De acordo com Fanger, a actividade desempenhada pela pessoa regulará a temperatura da sua pele, bem como a sua taxa de secreção de suor procurando a sua neutralidade térmica [94, 54, 100, 101].

Para a manutenção do equilíbrio térmico do corpo, o calor metabólico gerado junto com o calor recebido de fontes externas, deve ser combinado pela quantidade equivalente à perda de calor. Dependendo da falta desse equilíbrio, a temperatura do corpo sofrerá alterações de elevação ou queda de temperatura súbitas, levando riscos à vida. Na actividade metabólica apenas 70 a 85% advindos da alimentação, são utilizados na produção de calor [60, 88].

Alguns níveis de actividade física acima do necessário para a manutenção da temperatura corporal, poderão resultar no excesso de energia de calor que deverá ser dispersado, e, caso não seja, a temperatura do corpo subirá. Por outro lado, baixos níveis

de actividade física levam a uma queda na temperatura do corpo, se o calor disponível não for conservado por um isolamento adequado [40, 88, 94, 95, 102].

O desequilíbrio térmico é observado quando essa igualdade não é verificada. Diz-se que há uma carga térmica a actuar sobre a pessoa, a qual será positiva se ocorrer acumulação de calor no organismo e será negativa se ocorrer uma perda excessiva de calor do corpo para o ambiente. A existência da carga térmica a actuar sobre a pessoa, caracteriza a condição de desconforto térmico verificado, quer seja desconforto por frio ou desconforto por calor [88, 94, 100].

O aumento da temperatura diminui a velocidade da perda de calor por condução; o crescer da humidade dificulta a evaporação do suor e a consequente dispersão das calorias humanas. Para que o ritmo inicial da perda se restabeleça é necessário trocar esta “camisa de ar” que veste constantemente os indivíduos. Aparece aí a importância da circulação do ar: substituir uma camisa aquecida e humedecida por uma mais seca e fresca, aumenta-se assim a emigração das calorias dos indivíduos; como também a sensação de bem-estar individual, além da saúde, produtividade, etc. [47: 61].

Embora a investigação de Oliveira [47] seja ligada à arquitectura e engenharia, verifica-se a importância do balanço térmico e das ferramentas que procuram fornecer o equilíbrio térmico ao corpo humano.

O ser humano não possui meios naturais para promover o equilíbrio térmico entre seu corpo e o meio ambiente para suportar às mais diversas variações climáticas. Assim, o vestuário actua como isolante térmico para limitar as perdas de calor do corpo, a poupar sua energia interna e a proporcionar melhores sensações de bem-estar.

A Figura 2.34 representa as formas de interacção térmica entre o homem e o ambiente. O vestuário interfere consideravelmente o quadro.

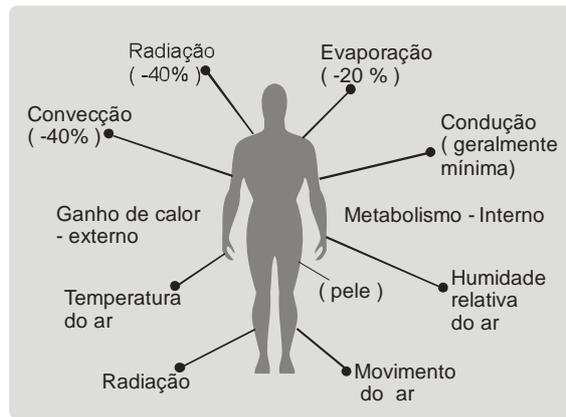


Fig. 2.34 – Interação térmica homem e ambiente

Em condições normais, os estímulos térmicos e mecânicos afectam directamente a pele de forma complexa. A superfície da pele está continuamente sujeita a diversos estímulos diferentes, aos quais está apta a responder, o que, conseqüentemente, provoca um certo número de sensações qualitativamente diferentes.

Eficientes mecanismos do corpo humano mantêm a sua temperatura central média em torno de 36.1 a 37.2°C, sendo considerado que a temperatura de equilíbrio é de 37°C conseguida através do equilíbrio entre a intensidade da perda e a intensidade da produção ou aquisição de calor. Entretanto, este valor pode variar de pessoa para pessoa, no máximo $\pm 0,6^\circ\text{C}$, excepto em situação febril. Outros factores que podem possibilitar a variação desta temperatura são a exposição a temperaturas ambientais severas e a prática de actividades intensas. Este fenómeno de controlo e manutenção da temperatura corporal chama-se homeostase. A homeostasia requer que parâmetros fisiológicos importantes, como a temperatura corporal, a composição do sangue e a pressão arterial, sejam mantidos dentro de determinados limites [68, 93-95, 102].

Apesar da temperatura central do corpo ser normalmente de 37°C, a da pele é alguns graus mais baixa e tem algumas variações. Geraldes cita essa variação entre 20°C a 37°C, Guyton, entre 34,5°C e 35,5°C [40, 103]. A taxa do fluxo sanguíneo que percorre a pele, a temperatura do músculo subjacente (que é determinada pela actividade), a temperatura do sangue que chega à pele, a taxa de evaporação do suor, a humidade e a circulação do ar envolvente, são alguns factores que influenciam a temperatura da pele.

A termoregulação é o conjunto de processos fisiológicos que contribuem para a estabilidade da temperatura orgânica, através da produção ou perda de calor, em função das necessidades do indivíduo.

Enquanto a temperatura central tende a permanecer constante, a temperatura cutânea varia conforme a temperatura ambiente. No caso de estar em ambientes extremamente quentes ou extremamente frios, o controlo da temperatura corporal é o mais eficiente, pois a emissão de estímulos de desconforto ao cérebro é muito rápida e assim surge a necessidade de protecção. Na maioria das vezes, a temperatura do corpo está acima da temperatura externa, de modo que tem de haver uma fonte interna de calor no sentido de manter um equilíbrio entre essa diferença de temperaturas [93, 95, 103].

2.5.2.1 Pele

Para obter a regulação térmica o corpo está equipado com mecanismos nervosos e hormonais que regulam tanto a taxa metabólica quanto a quantidade de perda de calor em resposta às alterações da temperatura corporal.

O calor necessário para o metabolismo⁵ é produzido principalmente por órgãos como o cérebro, o coração, o fígado e os músculos esqueléticos. Este calor é então transferido para a pele, onde é perdido para o meio ambiente [103, 104].

Conjuntamente a esses órgãos, algumas partes do corpo são essenciais para o isolamento do corpo, como a pele os tecidos subcutâneos (Figura 2.35). A pele é o maior órgão sensorial do corpo humano e desempenha funções muito importantes, sendo responsável por 90% da troca térmica e por 85% da evaporação do suor. Participa activamente na manutenção da temperatura corporal, na eliminação de substâncias tóxicas geradas pelo próprio metabolismo corporal e na protecção contras agressões ambientais, como agentes físicos, químicos e microbiológicos. A superfície corporal média de um adulto é de aproximadamente $1,8\text{m}^2$ e pesa em torno de 10Kg de pele que corresponde cerca 16% do seu peso [60, 88, 105].

⁵ Metabolismo – potência máxima despendida para o organismo, em repouso, manter em funcionamento órgãos vitais. Pode também ser definido como o conjunto de reacções que permitem a uma célula ou um sistema transformar os alimentos em energia, que será utilizada pelas células para que as mesmas se multipliquem, cresçam, movimentem-se, etc. [91, 92, 104].

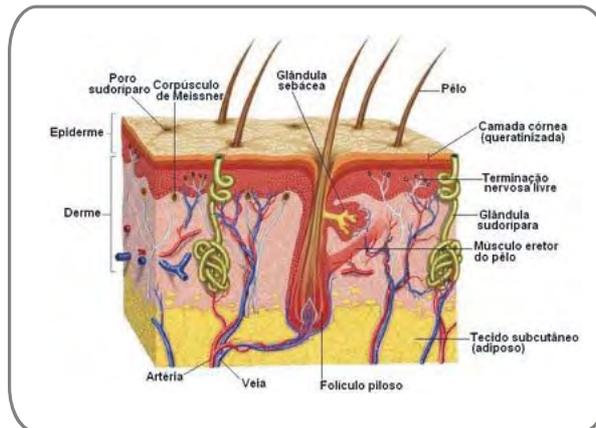


Fig. 2.35 – Estrutura da pele humana

FONTE: http://www.3bscientific.es/imagelibrary/j13/pele/j13_pele.jpg

Os nervos sensoriais terminais e, especialmente, os glóbulos (corpúsculos) tácteis distribuídos por toda pele humana, sentem a mudança e os estímulos do ambiente que a rodeiam. Fisiologicamente os nervos sensoriais terminais distribuem-se no centro da epiderme e os sinais eléctricos têm importante papel neste processo.

A gordura subcutânea funciona como isolante natural para além de separar a pele (área mais sensível às variações térmicas externas) da região corpórea central, onde a temperatura é mais estável. Para além disso, o fluxo sanguíneo cutâneo realiza a ligação entre a pele e a região central do corpo. A pele e extremidades como o nariz, os dedos e o pavilhão auricular, têm maior variação de amplitude térmica do que as regiões mais profundas em virtude do mínimo de gordura subcutânea [60, 103].

2.5.2.2 Mecanismos neurológicos

A temperatura corporal é regulada quase na sua totalidade por mecanismos nervosos, que operam por meio de um centro termoregulador localizado no hipotálamo⁶. Os mecanismos de produção e dissipação de calor estão representados na Figura 2.36.

⁶ Região situada na base do cérebro, abaixo do tálamo, que controla o funcionamento de importantes actividades do organismo, nomeadamente o sono, o metabolismo da água, a temperatura corporal, etc.

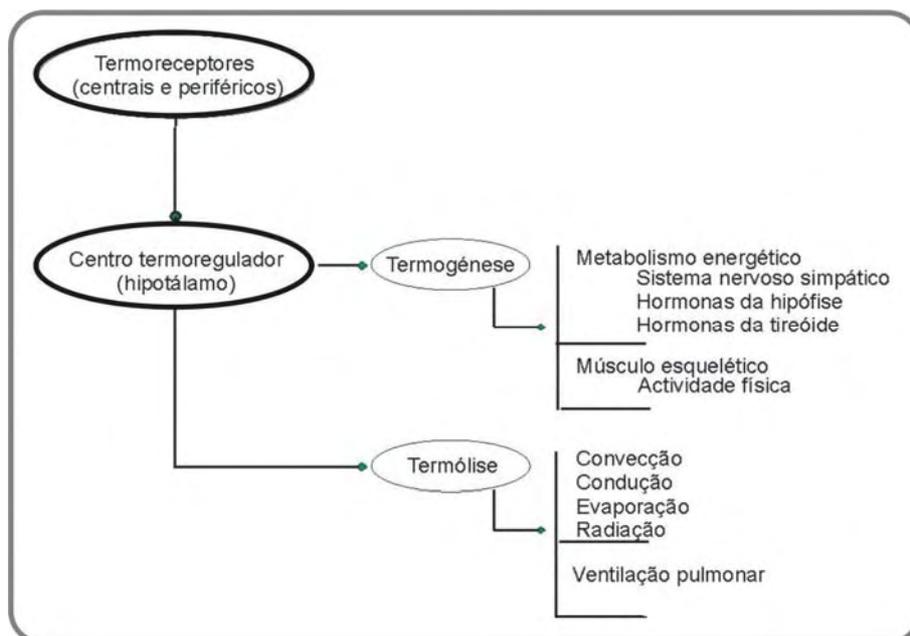


Fig. 2.36 – Mecanismos de produção e dissipação de calor

FONTE: http://www.fmed.uc.pt/bedel_files/programas/2medicina/02CalFrRadia.pdf

A temperatura corporal é mantida devido ao balanço entre os processos de produção de calor (pelas reações bioquímicas exotérmicas - termogénese química; e pela contracção muscular - termogénese mecânica) e de perda do calor (termólise), cujo controlo é exercido pelo hipotálamo que actua como um termóstato. Os receptores de frio e calor estão localizados em diferentes pontos imediatamente sob a pele [100, 103, 105].

Quando a temperatura ambiente está abaixo da temperatura corporal, o sangue é desviado para os órgãos internos e a sensação de frio leva a alguns procedimentos que diminuem a área de pele disponível para a troca de calor, tais como arquear os ombros ou cruzar os braços. O calafrio – a termogénese de tiritar de frio, decorre da activação do sistema nervoso somático⁷. Tremer de frio aumenta a produção corporal de calor, pela activação de um padrão especial de contracções repetidas e assíncronas das fibras musculares esqueléticas [100-102, 106-108].

Aumentos do metabolismo basal e da produção de calor decorrentes da exposição prolongada ao frio – a termogénese sem calafrios – são controlados por resposta da glândula tireóide actuando em conjunção com o ramo simpático do sistema nervoso autónomo⁸ e adrenalina⁹ liberada pela medula supra-renal. A exposição ao frio estimula

⁷ Conjunto de fibras nervosas que envia impulsos do sistema nervoso central aos músculos esqueléticos.

⁸ Componente do sistema nervoso central que contrai os músculos lisos viscerais, o músculo cardíaco e as glândulas.

⁹ Epinefrina, hormona liberada pela medula supra-renal.

o hipotálamo, aumentando a libertação da hormona estimulante da tireóide, necessária para as alterações adaptativas em resposta ao frio. Embora as acções da hormona da tireóide aumentem a intensidade metabólica das células, uma contribuição importante da hormona da tireóide à termogénese sem calafrios é a estimulação da síntese de um maior número de receptores para adrenalina nas células dos tecidos-alvo (especialmente do fígado, pâncreas e músculos). Esses tecidos aumentam o seu metabolismo sob o controlo da adrenalina [100-102, 106, 107].

A termólise, ou perda de calor do corpo, ocorre pelos processos de condução, convecção, radiação e evaporação. A condução é a transferência directa de calor de uma molécula para outra, seguindo um gradiente térmico. A convecção corresponde à dissipação de calor cutâneo por correntes de ar que circundam a pele, as quais estão em relação directa com a temperatura do ar e a velocidade do vento. A radiação compreende a transferência de calor para o meio ambiente através de ondas electromagnéticas e a evaporação é o mecanismo de dissipação de calor que envolve a capacidade do organismo de converter água em vapor de água.

Os mecanismos de perda de calor do corpo envolvem, em termos percentuais, os seguintes valores: convecção 3%, condução 15%, evaporação 22% e radiação 60% [103].

O esforço físico, ambiente, ritmo temporal, idade, ciclo menstrual e doenças mentais são alguns dos factores que podem alterar a temperatura corporal. A duração e a intensidade do exercício, aclimação, vestuário e as condições ambientais afectam directamente o metabolismo. As investigações realizadas relativamente a esse aspecto devem isolar e controlar cada factor com influência no resultado final [101, 107].

2.5.2.3 Fisiologia do exercício físico

A fisiologia do exercício físico aborda o modo como os mecanismos homeostáticos enfrentam os esforços causados pelo exercício e a maneira pela qual ocorrem alterações nas estruturas e funções internas no organismo.

O Quadro 2.10 apresenta essas alterações na estrutura e na função dos sistemas cardiovascular, respiratório e termoregulador, durante o exercício:

Quadro 2.10 – Alterações fisiológicas do exercício		
Sistema	Factores envolvidos	Consequências
CARDIOVASCULAR Vasodilatação em músculos activos	Substâncias vasodilatadoras locais e efeitos β -andrenérgico da adrenalina	Aumento do fluxo sanguíneo para os músculos esqueléticos, diminuição da resistência periférica
RESPIRATÓRIO Aumento do volume corrente e da frequência respiratória Aumento da capacidade de difusão	Aumento da pulsação respiratória central Efeito da maior perfusão pulmonar	Aumento das trocas gasosas Aumento das trocas gasosas
TERMOREGULADOR Elevação da temperatura central do corpo Aumento do fluxo sanguíneo cutâneo Aumento da sudação	Elevação do ponto fixo do termóstato central Efeito dos aferentes ¹⁰ simpáticos cutâneos Efeito dos aferentes simpáticos cutâneos	Aceleração da velocidade das reacções metabólicas, favorece a descarga de O ₂ Aumento da perda de calor para o ambiente Aumento da perda de calor para o ambiente

FONTE: Shauf, Moffett e Moffett, 1993: 427 [102].

Observa-se que, no sistema termoregulador, as alterações decorrentes da actividade física modificam as reacções metabólicas e assim, todo o complexo do sistema homem – ambiente – vestuário.

A realização de actividades físicas intensas ou a exposição a ambientes quentes faz com que se inicie a secreção de suor formando um filme sobre a superfície do corpo. A proporção de área superficial sujeita à difusão de água através da pele diminui à medida em que a sudação aumenta. Os dois fenómenos, sudação e difusão, não ocorrem simultaneamente na mesma região da pele.

O exercício é comumente considerado uma actividade física estruturada que aumenta a capacidade física ou melhora a habilidade nos desportos. No entanto, sob o ponto de

¹⁰ A palavra aferente é usada para designar as fibras que conduzem a informação sensorial da periferia para o sistema nervoso central; as fibras eferentes conduzem a informação em direcção à periferia (dentro do contexto referente aos neurónios sensoriais) [102: 180].

vista fisiológico, é considerado exercício qualquer actividade física executada voluntariamente que empregue os músculos esqueléticos. Seja uma corrida para apanhar o autocarro ou numa maratona, o levantar um saco de vegetais ou os halteres, são actividades que não têm diferença para o estudo da fisiologia. Assim, o exercício moderado faz parte da vida quotidiana. Em caso de exercícios mais vigorosos, todo o sistema orgânico é solicitado [60, 102, 103, 108, 109].

O custo energético de um exercício específico pode ser estimado medindo-se a quantidade total de oxigénio consumida no processo, desde a quantidade consumida durante o exercício até à consumida após o seu término. O Quadro 2.11 apresenta o gasto energético de uma pessoa com 70Kg na realização de diversas actividades

Quadro 2.11 – Calorias gastas em diversas actividades por pessoa pesando 70Kg	
ACTIVIDADE	Kcal/min
Dormindo	1,21
Sentada	1,67
De pé	1,83
Tarefas domésticas leves	2,5
Andar de bicicleta (9Km/h)	3,17
Caminhar com peso de 20Kg	4,83
Correr (10Km/h)	12,00
Correr em maratona	16,5
Corrida rápida (25,5Km/h)	65,17

FONTE: Shauf, Moffett e Moffett, (1993) [102].

Numa comparação com o estado estático, verifica-se que a utilização global de energia pode aumentar cerca de 13 vezes durante exercícios prolongados e vigorosos (corridas de maratona) e até 50 vezes durante breves períodos de esforço muito intenso (corridas curtas). Ressalte-se aqui a actividade física de jogar futebol, uma actividade intermitente que combina movimentos acelerados e paragens bruscas. Desta forma, faz-se necessária uma maior compreensão a respeito da termoregulação e do equilíbrio hídrico.

A maior parte da energia libertada a partir dos substratos do metabolismo aparece como calor, e o aumento de 10, ou mais vezes, do metabolismo que ocorre no exercício,

representa uma alteração significativa no equilíbrio térmico corporal. Nos primeiros minutos do exercício, a temperatura dos músculos eleva-se rapidamente enquanto a temperatura central corporal sobe mais lentamente (Quadro 2.6). A temperatura da pele diminui inicialmente, mas quando a temperatura corporal central se eleva, os termoreguladores centrais provocam uma vaso dilatação cutânea e a sudorese, o que possibilita a transferência mais rápida de calor para o ambiente. Após alguns minutos de exercício, a temperatura corporal central atinge novo estado estável em valor que pode ser de até 40 a 41°C. Essa temperatura corporal central mais elevada reflecte o reajuste do termóstato central a um ponto fixo mais alto. Os prováveis efeitos benéficos da elevação da temperatura incluem o aumento da velocidade de todas as reacções químicas nos tecidos activos e o aumento da liberação de O₂ [93, 95, 102].

A faixa de variação habitual dos valores da temperatura corporal central – a temperatura do coração, cérebro, órgãos torácicos e abdominais e do sangue nos principais vasos centrais – fica entre 36° a 37,5°C nos adultos. Os desvios desta estreita faixa têm implicações de risco de vida, especialmente quando a temperatura corporal se eleva acima de 45°C. A temperatura corporal cai tipicamente para o limite inferior da faixa normal no sono e na exposição ao frio. Eleva-se para o limite superior da faixa normal no exercício e no stress térmico. A temperatura corporal pode elevar-se até 43°C quando o ponto fixo normal é elevado por febre. O controlo da temperatura corporal envolve dois tipos básicos de resposta: a perda de calor; e a produção de calor [102, 104, 110].

Quando a perda de calor para o ambiente é limitada pela temperatura ambiental elevada, alta humidade ou roupas quentes, o calor produzido pela actividade muscular é uma séria ameaça à homeostase térmica, que pode ocasionar colapso ou até mesmo a morte. Daí a importância do equilíbrio entre o homem, o vestuário e o ambiente.

A variação da velocidade do metabolismo no músculo-esquelético ocorre antes, durante e após o exercício. À medida em que ocorrem reacções químicas nas células, alguma energia é libertada em forma de calor. Como aumenta a velocidade das reacções químicas nas fibras musculares durante a contracção, aumenta também a produção de calor, elevando a temperatura corporal. Após o exercício, o aumento do metabolismo resultante da carência de oxigénio ajuda a manter elevada a temperatura corporal [94-95, 101, 102, 107, 109]

Se a temperatura corporal descer abaixo de certo nível, o sistema nervoso responde provocando calafrios, os quais consistem em rápidas contracções dos músculos esqueléticos que produzem contracções sem movimentos eficazes. O movimento muscular aumenta a produção de calor em até 18 vezes acima do nível de repouso e o calor produzido pelos calafrios pode exceder a produção que se verifica durante o exercício moderado. A elevada produção de calor durante o calafrio ajuda a manter a temperatura corporal até aos seus valores normais e, aos poucos, essa regulação corporal recupera até atingir o nível ideal. O corpo humano é considerado homeotérmico por possuir a capacidade de manter a temperatura corporal dentro do intervalo acima mencionado, apesar das variações do ambiente em que se encontra [92-95, 102].

Quando uma pessoa está em actividade ao ar livre, o efeito do movimento do corpo deve ser considerado. Para avaliar os efeitos da combinação entre o vento e o corpo em movimento, Givoni e Goldman [*op cit* 65] propuseram a equivalência da velocidade do ar corrigida pela taxa do metabolismo do corpo que corresponde ao nível de actividade do corpo.

2.5.2.4 Mecanismo de sudação

A actividade física aumenta a perda de água de duas formas distintas:

- pelo aumento da frequência respiratória que provoca elevada perda de água pelas vias respiratórias, em igual proporção à ventilação pulmonar;
- pela subida crescente do calor do corpo que pode resultar em sudação excessiva.

Existe uma evaporação contínua de água pelas vias respiratórias e pela superfície da pele sob qualquer temperatura, conhecida como transpiração latente que se opõe à sudação sensível. A sudação consiste no principal mecanismo protector do corpo contra o aquecimento excessivo seja por exposição a um ambiente quente ou seja por aumento do metabolismo ou, ainda, causado pela realização de exercícios.

Quando a temperatura da pele é menor que a do ambiente, o corpo recebe calor por condução e radiação do meio. Sob estas condições, o único recurso que o organismo dispõe para equilibrar a temperatura e minimizar o calor, é a evaporação. A regulação

térmica ocorre normalmente sob uma temperatura ambiental em torno de 25 a 29°C. Acima de 29°C, a perda de calor por convecção é relativamente pequena iniciando-se a sudação. Quando se fala em temperatura corporal, a sudação inicia-se quando a temperatura central gira em torno de 37°C [100, 101, 111].

O termóstato hipotalâmico é um eficiente mecanismo que produz variações termoreguladoras quando a temperatura aumenta ou diminui exageradamente. Na Figura 2.37 verifica-se que até 37°C não existe produção de sudação mas à medida que a temperatura cefálica aumenta quase em 37°C, a sudação começa a manifestar-se e de seguida eleva-se rapidamente com o maior aumento da temperatura (linha tracejada). Observa-se também que, com a queda de temperatura abaixo de 37,1°C, a produção de calor é crescente à medida que diminui a temperatura (linha contínua).

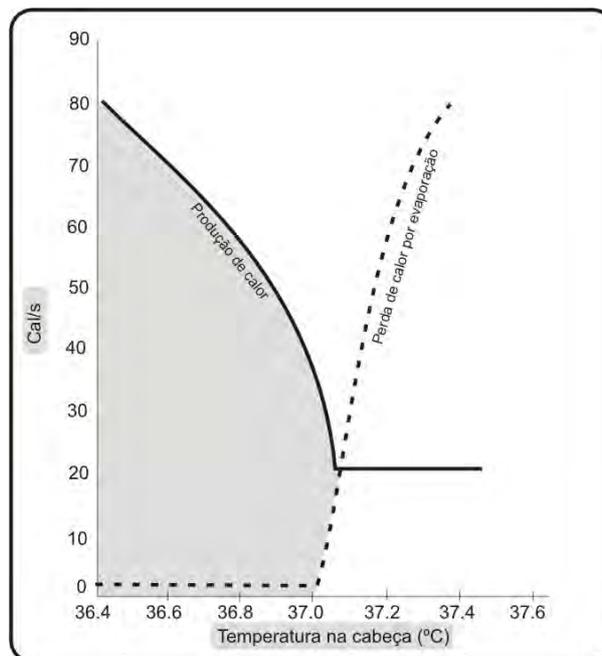


Fig. 2.37 – Efeito da temperatura hipotalâmica na produção de suor
FONTE: Guyton et. al (1998: 456) [103]

Se o corpo fica hiper aquecido, as glândulas sudoríparas libertam grandes quantidades de suor na superfície da pele para que ocorra um rápido arrefecimento do corpo pela evaporação. O arrefecimento provocado pela evaporação da transpiração equivale a cerca de 25% da perda total de calor em condições basais [100]. Convém ressaltar que o suor, em si, não refresca a pele, mas sendo o arrefecimento da pele correspondente à evaporação do mesmo.

Nos primeiros minutos de actividade física, a temperatura dos músculos aumenta rapidamente enquanto a temperatura central corporal aumenta mais lentamente. Já a temperatura da pele cai inicialmente em virtude da vasoconstrição simpática, mas quando a temperatura central sobe, os centros termoreguladores centrais causam a vasodilatação cutânea e a sudação o que possibilita uma transferência mais rápida de calor do corpo para o ambiente.

Com alguns minutos de exercícios, a temperatura central atinge um estado estável que pode chegar até a 41°C revelando o ajuste do termóstato central a um ponto fixo mais elevado. Essa elevação na temperatura aumenta a libertação de O₂ e a velocidade de todas as reacções químicas nos tecidos activos.

Em circunstâncias normais, os sensores térmicos detectam alterações da temperatura cutânea e da parte central do corpo que transmitem para o hipotálamo. Este promove respostas que visam a conservação ou dissipação de calor através das vias eferentes. A função do hipotálamo como termoregulador ocorre gradualmente, à medida que a temperatura do sangue sobe para além do normal [91, 100, 104].

É importante considerar que a perda de calor por evaporação significa perda de líquido do corpo. Para que o organismo não seja prejudicado é necessário que haja, concomitantemente, a devida hidratação, assim, a ingestão de líquido deve ser intensificada. No caso de actividades físicas alguns autores recomendam a ingestão de água 20 minutos antes do exercício e durante a realização do mesmo.

Existe diferenças significativas de produção de suor, em relação às áreas do corpo. As costas produzem mais suor do que o peito e a quantidade produzida no centro é mais intensa do que nas extremidades [107, 112].

Outros factores que têm influência sobre a evaporação são a humidade relativa do ar e o vestuário. Quando a humidade do ar é alta, a pressão do vapor de água aproxima-se da da pele, diminuindo a evaporação. Nesse caso, ocorre acumulação de suor na pele, a qual impede a perda de calor, causando uma possível desidratação [101, 111]. O vestuário reduz o fluxo de calor entre a pele e o ambiente. A sua adequação às

condições climáticas e a actividade física é fundamental para a sensação total de conforto do utilizador [108, 112].

2.6 EVOLUÇÃO DO VESTUÁRIO DESPORTIVO – A ESTRATÉGIA DAS MARCAS

2.6.1 Introdução

Num mercado cada vez mais ávido por inovações, a indústria de artigos desportivos é constituída de fabricantes de produtos para a prática das diversas modalidades desportivas e compreende a produção de acessórios, equipamentos, calçados e vestuário desportivos. As vendas mundiais no mercado retalhista são estimadas em torno de U\$ 600 biliões, envolvendo uma rede de pequenos e grandes negócios focados principalmente no público com idade entre 16-25 anos. Os quatro maiores fabricantes são a Nike, a Adidas, a VF Corporation (Nautica, Jansport, etc.) e a Reebok. Com excepção da Adidas, que é alemã, todos os outros três fabricantes são norte-americanos (www.portugaltexil.com).

O mercado desportivo envolve milhões de adeptos no mundo inteiro e empresas que vêem o mercado consumidor em potencial, lançam continuamente a grande diversidade de produtos para todos os segmentos e modalidades desportivas. Produtos variados destinados para diferentes públicos, idade, género, atletas, praticantes e produtos fashion em geral. A diversidade de cores, tamanhos, estilo e formas são alguns aspectos aliados à tecnologia para o contínuo lançamento de produtos, no sentido de satisfazer os consumidores com nível de exigência cada vez mais crescente [13, 14, 39, 113].

Por ser uma indústria bastante fragmentada e sujeita às mudanças contínuas do gosto do consumidor, a competição é caracterizada como bastante acirrada. Consequentemente a inovação e o lançamento de novas linhas de produtos e colecções são necessários para atender às diferentes preferências do mercado consumidor. Uma forte estratégia que as grandes empresas têm utilizado é a venda de um estilo de vida, através do qual se torna mais próxima do cliente e este de certa forma mais fiel à marca. Contudo, a grande diversidade de preferências e nichos de mercado possibilitam a abertura de novos

espaços para novas empresas e novos criadores (http://www.maxwell.lambda.ele.puc-rio.br/cgi-bin/PRG_0599.EXE/7156_2.PDF?NrOcoSis=20370&CdLinPrg=pt).

Embora a Nike se destaque em valores comerciais, foi a Adidas a pioneira no desenvolvimento de sapatilhas para desportistas. Portanto, segue um breve relato sobre as empresas mais representativas no meio desportivo e o que têm desenvolvido nomeadamente nas T-shirts destinadas ao futebol. Design, pesquisa e desenvolvimento de produtos e marketing são ferramentas estratégicas que as fazem ser topo do sector.

2.6.1.1 Adidas



Pioneira, a história da Adidas começou em 1920, quando Adolf Dassler desenvolveu os primeiros sapatos de pano especiais para corredores, por acreditar que cada desporto devia ter o calçado adequado para a sua prática. Até 1948 a empresa era de dois irmãos: Adolf e Rudolf Dassler, que se desentenderam e, cada um, abriu uma empresa independente.

Adolf Dassler criou a Adidas e continuou a produzir calçados específicos para atletas corredores. O sucesso do sapato permitiu a criação de calçados para outras modalidades de atletismo e para jogadores de futebol. A vitória da Alemanha no Mundial de Futebol, em 1954, selou o êxito da Adidas em virtude dos sapatos que a selecção germânica usava.

A fabricação de bolas ocorreu a partir de 1963 e a confecção desportiva desde 1967. Com o passar dos anos, a gama de produtos alargou-se para acessórios, equipamentos e artigos do vestuário desportivo e de lazer. Isto traduz-se em 700 patentes e modelos registados em todo o mundo.

No sentido de ganhar o mercado desportivo ocupado pela Nike, a Adidas adquiriu as marcas Reebok e Salomon, não tendo ultrapassado a líder Nike em volumes de vendas.

No segmento desportivo, nomeadamente no futebol, a tecnologia Climacool[®] foi criada especificamente para os jogos olímpicos de Atenas, em 2004. O Climacool[®] é um

sistema integrado de tecnologias que actuam conjuntamente para regular a temperatura corporal do atleta, através da combinação de materiais que dissipam calor e humidade e canais tridimensionais que permitem a circulação do ar próximo à pele. Esse sistema conduz o calor e o suor para longe da pele, facilita a sua absorção e transferência para o ambiente, atravessando a superfície do tecido.

Outra tecnologia da Adidas tem o mesmo princípio do Climacool®. O Clima TechFit® é uma linha do vestuário desportivo que se adapta ao corpo do atleta e ajuda a manter a temperatura natural do corpo (Figura 2.38). A sua modelagem facilita os movimentos do corpo e a adaptação dos músculos. Em comunicado oficial, a multinacional defende que um atleta consegue *saltar 4% mais e melhorar a sua capacidade de correr em 1,1 por cento.*



Fig. 2.38 – T-shirt Adidas com tecnologia Techfit®

FONTE: www.adidas.com

(<http://www.adidas.com/>,

<http://adm-marketing.blogspot.com/2008/06/adidas-como-tudo-comeou.html>,

<http://calcadodesportivo.no.sapo.pt/historiaadidas.htm>,

<http://guia.mercadolivre.com.br/conheca-verdadeira-historia-marca-adidas-puma-8304-VGP>)

2.6.1.2 Nike



A Nike, hoje mundialmente conhecida, tem uma história que começa com um ex-atleta de corridas de média distância que sentiu a necessidade de sapatilhas mais confortáveis para a prática desportiva.

Durante o desenvolvimento de um projecto de MBA em Gestão Administrativa, Phil Knight a idealizou. O ex-atleta, juntamente com um treinador de atletismo, Bill Bowerman, começou importando sapatilhas Tiger do Japão para os Estados Unidos da América, em 1963. Entretanto, Bill modificou o modelo incorporando a primeira entressola completamente acolchoada, inovação radical para a época. O novo modelo da Tiger passou-se a chamar Cortez e foi sucesso absoluto a partir de 1968, mas ainda assim queriam um sapato melhor para os atletas. Surgiram então as sapatilhas revolucionárias, com sola leve e ondulada, sendo de produção própria. O elevado nível de vendas fizeram-nos perceber a necessidade de uma marca. Foi aí que surgiu a Nike, em 1971.

Com o passar dos anos, com o elevado grau de facturação e tecnologia, as sapatilhas foram evoluindo e a marca foi alargando a sua linha de produtos. De sapatilhas a equipamentos, acessórios e peças em geral do vestuário, a Nike fortaleceu a sua expansão internacional de artigos desportivos.

Para melhorar o conforto do utilizador, a Nike incorpora na face interna das suas sapatilhas, a malha de alta tecnologia FIT com capacidade de transferência da humidade. Em 2002 é lançada a *nike cool motion*, uma tecnologia inovadora, aplicada em peças do vestuário, baseada no conceito de duas camadas. A camisa e o calção apresentam dois tecidos, um que fica em contacto com a pele e tem a tecnologia Dri-Fit®, e um externo, impermeável, com elasticidade e recortes em mesh (tecido com orifícios), que maximizam a regulação térmica através do movimento do jogador.

A tecnologia Dri-Fit® é uma marca registada da Nike que mantém o atleta seco e confortável, por transportar a humidade para longe do corpo transportando-a para a superfície externa da peça, onde pode evaporar mais facilmente (Figura 2.39). Ao invés

de tratamentos químicos, isso é possível através da construção da fibra e do tecido, o que significa que é permanente por toda a vida útil do produto. Integrada à tecnologia Dri-Fit® alguns produtos também têm protecção solar UV factor 30.



Fig. 2.39 – T-shirt Nike com a tecnologia Dri-Fit®

FONTE: <http://nikeid.nike.com/nikeidv2/index.jhtml>

Através de uma estratégia de marketing, associada à necessidade de ultrapassar as vendas da maior concorrente, a alemã Adidas, a Nike passou, desde 1994, a patrocinar jogadores e equipas de futebol. O incremento do vestuário e sapatilhas aliados a campeões em forte apelo de marketing – através de contratos publicitários e patrocínios – fez a Nike se posicionar como líder do mercado.

(http://www.nike.com/nikeos/p/nike/en_US/

<http://calcadodesportivo.no.sapo.pt/historianike.htm>,

<http://insightpublicidade.wordpress.com/2008/02/26/a-historia-da-marca-mais-famosa-do-mundo/>, <http://www.mundodasmarcas.blogspot.com/2006/05/nike-just-do-it.html>)

2.6.1.3 Puma



Até 1948, Rudolf Dassler trabalhou com o irmão Adolf numa fábrica de sapatos para atletas corredores, quando se separaram. Adolf criou a Adidas e Rudolf fundou a PUMA Schuhfabrik Rudolf Dassler. E nesse mesmo ano criou a primeira sapatilha específica para jogadores de futebol. Durante muitos anos, a marca esteve ligada a essa modalidade desportiva.

O primeiro jogador a ser patrocinado pela equipe foi Edson Arantes do Nascimento, Pelé, considerado pela FIFA e, por muitos, o melhor jogador de todos os tempos. As chuteiras Puma, que calçavam Pelé, fizeram grande sucesso nos Mundiais de Futebol das décadas de 60 e 70, fazendo com que a empresa entrasse de vez no mercado de fornecedores de materiais de desporto.

Alargando sua linha de produtos, investiu fortemente no desenvolvimento de equipamentos para o futebol. Foi a empresa que distribuiu equipamentos para o maior número de seleções do Mundial de Futebol de 2006, incluindo: Itália, Suíça, Polónia, República Checa, Paraguai, Tunísia, Costa do Marfim, Gana, Angola, Togo, Arábia Saudita e Irão.

A marca PumaCat é a linha de produtos para o segmento futebol. As T-shirts possuem a tecnologia que permite a transferência de humidade localizada, na parte superior do tórax e nos ombros (Figura 2.40). Constitui-se de uma malha de camada dupla cuja proposta é transferir para o exterior a humidade da pele, não retendo o suor mantendo o corpo numa temperatura agradável.



Fig. 2.40 – T-shirt Puma da linha PumaCat®

FONTE: <http://www.pumafootball.com/>

Estas três marcas dominam o mercado profissional do futebol. Patrocinam atletas, equipas e eventos. O volume monetário é incalculável e a disputa é acirrada e constante. Marketing e desenvolvimento de produtos estão continuamente aliados na busca da maior fatia do mercado desportivo.

Verifica-se que, embora as marcas apresentem tecnologias que visem o melhor conforto do atleta, podem ser acrescentados outros benefícios que maximizem o seu desempenho. Aspectos como costura lateral, termocolagem e a não distribuição de múltiplas funcionalidades devem ser incorporadas às peças inovadoras a serem desenvolvidas e ofertas no mercado.

(<http://www.puma.com/pindex.jsp>,

<http://guia.mercadolivre.com.br/conheca-verdadeira-historia-marca-adidas-puma-8304-VGP>, <http://powerfullbrands.blogspot.com/2007/08/puma.html>)

2.7 DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO

2.7.1 Projecto de desenvolvimento de produto

Perante o desenvolvimento da tecnologia e das mudanças de necessidades e expectativas dos utilizadores, factos que tornam os produtos mais rapidamente obsoletos, as empresas têm assumido posturas políticas pró-activas e lançado novos produtos. A preocupação com a existência de fortes concorrentes também é outro aspecto considerado na manutenção das empresas no mercado [114, 115].

Situado na interface entre a empresa e o mercado¹¹, o processo de desenvolvimento de produto consiste na identificação das necessidades do mercado e do utilizador e na identificação das possibilidades tecnológicas. Objectiva resultar em produtos que atendam às expectativas em termos de qualidade total do produto e em tempo adequado, isto é, mais rapidamente que a concorrência, para além de ter um custo competitivo.

De acordo com Rozenfeld *et al.* (2006), os projectos de desenvolvimento de produto podem ser classificados conforme os graus de mudança que um projecto representa em relação a projectos anteriores. O Quadro 7.1 ilustra a classificação de projectos de produtos de bens de capital e de bens de consumo duráveis, definidos em projectos de inovação radical, próxima geração e incrementais [116].

¹¹ Dentro dessa abordagem, mercado pode ser definido como “o conjunto de consumidores potenciais de um produto ou serviço” [116: 53], ou ainda “o conjunto actual ou potencial de pessoas/situações em que o produto pode satisfazer uma ou várias necessidades” [116:35]

Quadro 2.12 – Tipos de projecto de desenvolvimento de produtos baseados na inovação					
Amplitude da mudança no processo	Amplitude da mudança de projecto				
	Investigação e desenvolvimento avançado	Conceito novo	Próxima geração	Adição de produto à família	Incrementais e derivados
	Conceito novo	Inovações radicais			
	Próxima geração			Próxima geração ou plataforma	
	Melhoria num departamento			Projectos incrementais ou derivados	
Ajustes e mudanças incrementais			Alianças ou projectos de parceria		

FONTE: Rozenfeld *et al.*, 2006: 8 [116].

Os projectos radicais modificam significativamente o projecto do produto ou do processo existente, incorporam novas tecnologias e materiais e, normalmente, requerem um processo de manufactura inovador.

Diferindo dos radicais por não introduzirem novos materiais ou tecnologias, os projectos próxima geração ou plataforma compreendem alterações significativas no projecto do produto e/ou do processo e se apresentam como um novo sistema de soluções para o utilizador. Para que funcione como plataforma, um projecto deve ter ligações com as gerações anteriores e posteriores do produto e deve suportar toda uma geração de produto ou processo.

Nos projectos incrementais ou derivados estão os que criam produtos e processos que são derivados, híbridos ou com pequenas alterações com os já existentes.

Dentro dessa perspectiva, o design do trabalho aqui desenvolvido – o design total de uma T-shirt multifuncional – encontra-se na última definição, tendo em vista que uma das suas características é a “redução de custo com inovações incrementais” [116: 9].

A ligação entre design e desenvolvimento de produtos leva à vantagem competitiva que um produto com valor acrescentado tem sobre os demais existentes no mercado.

2.7.2 Design

(...) Idealmente o design não se dá por tarefa conceber objectos agradáveis à vista, mas encontrar soluções racionais e funcionais. Não arte decorativa, mas ‘design informacional’ que visa criar formas adaptadas às necessidades e às funções, de acordo com as condições da produção industrial moderna. (Lipovetsky, 1989: 224).

Como citado acima, há quase vinte anos Lipovetsky afirma uma verdade que continua actual e contemporânea. Um novo produto, um novo design, vai muito além de um produto esteticamente agradável, uma vez que o mesmo deve, primordialmente, corresponder à total satisfação das necessidades do utilizador [117]. Gobe *et al.* alerta que, para além dessa visão, tem que se ter em conta como os utilizadores percebem o produto e os benefícios dele decorrentes [115].

Para alguns autores, conceituar *design* é muito complexo em virtude de ser um anglicismo incorporado à língua portuguesa. Foi definido pela primeira vez em 1588, como “um plano desenvolvido pelo homem ou um esquema que pode ser realizado; o primeiro gráfico de uma obra de arte; um objecto das artes aplicadas ou que seja útil para a construção de outras obras” no Oxford Dictionary; até à década de 80, a diversidade de descrições e definições englobam alguns aspectos como o social, funcional, significativo e objectivo [118]. Entretanto, sob uma perspectiva mais actual, Charlotte e Peter Fiell (2003:6) [119], assim o definem:

...o *design* não só abrange uma extraordinária gama de funções, técnicas, atitudes, ideias e valores, todos eles influenciando a nossa experiência e percepção do mundo que anos rodeia, como também as escolhas que fazemos hoje sobre a futura direcção do *design* terão um efeito significativo e possivelmente duradouro sobre a qualidade das nossas vidas e no ambiente dos anos futuros.

Verifica-se assim, a importância do *design* como prática e cujas tomadas de decisão dos designers podem ter influência sobre a natureza e o sucesso dos novos produtos, estratégias de fabrico e tendências de mercado.

O design de um produto corresponde ao projecto e/ou processo do seu desenvolvimento que envolve desde a concepção, passando pelas etapas de planeamento, especificação, delimitação conceptual, geração de alternativas, avaliação e elaboração, até chegar à realização propriamente dita ou produção, existindo uma dinâmica contínua e integrada entre todas as etapas. Enfim, o resultado de diversos processos [12, 116, 119-124].

Na fase de planeamento são realizadas a colecta e a análise das informações que darão suporte às decisões tomadas durante todo o processo. A especificação do projecto ocorre quando, a partir de análises anteriores, se delimita o problema de design e são definidos o direccionamento mercadológico, as metas técnicas, funcionais e estéticas do produto. Convém atentar para novos materiais, processos de fabrico ou tecnologias que podem acrescentar mais valor ao produto. A partir do universo do consumidor/utilizador, faz-se a delimitação conceptual. Nesta etapa, estão envolvidos os princípios de estilo que regem o aspecto visual, ou seja, que características do estilo se identificam com o mercado consumidor [115, 118, 119, 121, 123]

Com base nos dados anteriores, é chegado o momento da materialização. As possíveis alternativas geram a configuração do produto, definição dos materiais e tecnologias a serem empregadas. De seguida deve considerar-se a selecção da melhor alternativa de acordo com os critérios especificados no projecto e realizar a execução propriamente dita. Para a produção em série deve verificar-se minuciosamente a correcção e adequação do protótipo, definição de bases e matrizes para a produção em grandes quantidades [116, 123, 124]. Araújo (1995), detalha minuciosamente o plano de design total que vai desde o design preliminar até à decisão de descartar o produto do mercado, passando pelos controlos e decisões internas e externas e a venda.

Considerando a transdisciplinaridade que envolve o design, este projecto é um exemplo clássico dessa interface, uma vez que envolve: um grupo específico de utilizadores – jogadores de futebol profissional; a tecnologia empregada – tear seamless; os materiais inovadores – suas funcionalidades e o processo utilizado – patchwork. Tal como

apresentado anteriormente, o objecto do presente estudo é desenvolver uma T-shirt desportiva nomeadamente para jogador de futebol profissional, com funcionalidades adequadas à fisiologia do utilizador. Assim, a proposta desse produto pode vir a concordar com Lipovetsky quando comenta sobre produtos funcionais:

O mercado consumidor apresenta-se cada vez mais exigente e, com isso, naturalmente ávido por novidades com valor acrescentado. A funcionalidade de um produto, de uma forma geral, é uma vertente actual que se sobrepõe a algumas características do mesmo, tornando-se assim, uma das principais ferramentas de sedução do consumidor aliada ao aspecto estético.

Cientes desse crescente nível de exigência do utilizador, o qual está cada dia mais informado, mais consciente de suas necessidades e do seu poder e com as mais amplas possibilidades de escolha, as empresas competidoras lançam novos produtos. Estas buscam atender continuamente às mudanças nas necessidades e desejos do utilizador, apresentando-os da melhor forma e com maior número de funcionalidades tornando-os mais atractivos, suscitando no cliente o desejo de substituição do produto anterior [115, 116, 118].

De acordo com Gobe *et al.*, (2004), três aspectos constituem as dimensões do produto de atendimento à procura do utilizador: a dimensão estética, a funcional e a psicológica.

Despertar o sentido visual e o desejo da aquisição são efeitos causados por um bom design estético de um produto, atraindo o consumidor para a compra. A estética de um produto está ligada a tudo aquilo que o utilizador percebe, sob o ponto de vista da aparência, tal como cores, formas e superfícies, predominando os aspectos relacionados com a beleza.

A funcionalidade refere-se à utilidade básica de um produto. Os atributos relativos à sua funcionalidade apresentam-se de forma conjunta, onde o utilizador a percebe na sua totalidade.

Na dimensão psicológica, verifica-se o grau de satisfação que o produto pode causar ao utilizador, envolvendo valores subjectivos e inconscientes. O estilo e a mensagem

simbólica e semântica de um produto constituem os principais atributos estéticos do mesmo. O estilo de um produto é influenciado pelos produtos anteriores, pela identidade da empresa, pelo estilo dos concorrentes e pelo *benchmarking*¹².

A mensagem simbólica e semântica de um produto baseia-se na relação ou identificação dos valores pessoais e sociais dos utilizadores para com o estilo do produto. Assim, é primordial ter em conta o conhecimento a respeito do estilo de vida do utilizador em mente quando se projecta um produto e que características ele mais aprecia [115, 116, 118].

2.7.3 O Produto

T-shirt, ou simplesmente camisola.... Uma peça de roupa que surgiu na época da revolução industrial com o desenvolvimento da indústria das malhas.

Na verdade, consta que a sua antecessora já fazia parte da vida do homem na época da antiguidade, quando os romanos usavam a ‘camisia’, uma peça feita de linho. Funcionava como roupa interior em função das luxuosas camisolas exteriores, ricas em pedrarias e bordados, não terem contacto directo com o corpo humano e, conseqüentemente, teriam maior vida útil. A ‘camisia’ absorvia a transpiração preservando a camisola exterior.

Em 1516, a estátua o Escravo Moribundo, de Michelangelo, é concluída, e nela uma única peça de roupa, a camisola interior, considerada uma enorme ousadia para a época. (<http://revistacrescer.globo.com/Crescer/0,19125,EFC1326542-5670,00.html>) A revolução industrial, no século XVIII, favoreceu o desenvolvimento da indústria de malharia e, com ela, a conhecida camisola interior. No início do século XX foram fabricadas na França as primeiras camisolas de algodão de manga comprida [125].

Restrita à Europa até meados do século XX foi, durante a 1ª Guerra Mundial, levada para a América. Usada por militares do exército e da marinha, tinha o formato T e,

¹² Relacionado ao estilo, o *benchmarking* é uma técnica de observação e comparação das características de um produto em termos de materiais, acabamentos, detalhes, cores e formas que mostram as tendências e que poderão influenciar o direcionamento nas decisões sobre o aspecto estético do mesmo [115].

portanto, conhecida como T-shirt, em inglês. A T-shirt servia como roupa interior para protecção contra o frio e para absorver o suor reduzindo o desgaste do uniforme [126].

Na década de 1930, Coco Chanel a expõe publicamente durante um cruzeiro o que causou ‘frisson’ em virtude de, até então, ser uma peça utilizada apenas por soldados, marinheiros e operários. A partir daí a camisola interior passou, muito lentamente, a ser utilizada como peça exterior pois ainda era associada a trabalhadores braçais suarentos. Entretanto, ainda nesta década, a camisola (T-shirt) passou a ser usada nas universidades americanas.

Em 1938 as lojas Sears & Roebuck comercializa as primeiras T-shirts de algodão, manga curta, decote raso, sem desenhos e dizeres (Marco Giovannini *op cit* Crane) [125].

Na década de 1940 a camisola passa a integrar a conhecida dupla *jeans-T-shirt*. Nas décadas de 1940 e 1950 torna-se uma roupa de todos os dias e, comumente encontrada nas ruas, era usada para transmitir a ideia de rebeldia como um não aos colarinhos, gravatas e botões. Neste período surgiram as T-shirts com dizeres e identificação de universidades, organizações e equipas desportivas, associadas ao mundo dos jovens. O desenvolvimento de tintas plásticas aumentou o potencial da T-shirt como veículo de comunicação, atingindo o ápice nas décadas de 1960 e 1970 e considerada peça unissexo [117, 125, 126].

“Make love not wear”... Uma das frases mais conhecidas em protesto à Guerra do Vietname. Desde então é grande aliada em movimentos para expressar e divulgar mensagens ideológicas, ecológicas, palavras de ordem e manifestações em geral [126, 127].

No desporto, até meados da década de 1970, o seu uso era restrito ao futebol, basquetebol, remo e jogos de equipas mais ou menos populares. O movimento de actividades desportivas cresceu, mas a T-shirt de algodão permaneceu constante mesmo concomitante aos novos materiais como a *Lycra*[®] e outros tipos de *nylon*[®] destinados à prática desportiva.

As modelagens variaram de tamanho, largura. Como um uniforme desportivo foi utilizada para todas as modalidades, indistintamente de idade, género, sexo e classe social. Bordados, estampados, emborrachados e demais técnicas são aplicadas com motivos desportivos.

Os surfistas foram os primeiros a divulgar os seus patrocinadores em T-shirts fora do meio aquático. Daí uma ferramenta de marketing explorada por todos os segmentos. Considerando que o atleta está em local de atenção em que os adeptos os têm como referência, a T-shirt pode funcionar como estratégia de divulgação da equipa, do patrocinador e do próprio atleta. Como afirma Crane, “despreocupadamente as pessoas consentem incorporar a ‘propaganda gratuita’ em troca do distintivo social de ser associadas a certos produtos” [125: 349].

Iesa Rodrigues, na *A História da Camiseta*, relata que não há limites para a T-shirt, peça que nasceu como roupa íntima e passou para aparência externa, ganhou luxo e assinaturas dos maiores criadores, foi para além dos campos atléticos, dos guarda-roupas jovens, das multidões de protesto... e, pela sua capacidade de incorporar um modo de vida descontraído, virou estilo [126].

A T-shirt tem importância fundamental na relação entre o marketing e o segmento desportivo. No centro das atenções mediáticas, ao envergar uma T-shirt o jogador está a divulgar ideias, comportamentos e atitudes [126]. Como ressalta Bürdek (2006), quando cita Theodor Ellinger: “...os objectos de design não são apenas portadores de funções, mas são sempre portadores de informação”. A T-shirt informa, comunica, simboliza... dentro da perspectiva dos teóricos Humberto Eco e Roland Barthes, os objectos têm expressão denotativa e conotativa, ou seja, o que são realmente e o que representam ser. A comunicação entre o produto, a empresa e o utilizador envolvem a percepção denotativa e a conotativa, reflectindo no acto da compra, o que realmente leva o utilizador a adquirir tal produto [118].

Para Gobe *et al.* (2004: 65), “o produto é o cerne de toda a política de marketing de uma empresa, por meio do qual se pode influenciar o mercado”. Embora a empresa que está a desenvolver as T-shirts multifuncionais funcionais (SONICARLA S.A. MALHAS) não tenha marca própria no mercado, a empresa que a comercializa dispõe de larga

expressão mercadológica no segmento desportivo português (LACATONI PORTUGAL). Com visão empreendedora, cientes das exigências de mercado, das necessidades do consumidor, as duas empresas acreditaram e agiram conforme alguns autores recomendam sobre estratégias e políticas de marketing: focar em produtos actuais, assim como estratégias futuras como diversificação de produtos, criação de outros e exclusão de produtos obsoletos [4, 115].

De acordo com Araújo (1995), “a administração da empresa deve assumir um forte compromisso em relação ao *design* (projecto) do produto, o que normalmente significa que a aprovação e direcção do projecto tem que vir «de cima»” [124: 47]. É fundamental para todo o processo de design sua disseminação na empresa como uma filosofia em forma de compromisso, optimização dos esforços e recursos disponíveis, o que levará à melhor eficácia dos seus resultados.

2.7.3.1 Malha – o tecido do desporto

A escolha do tecido na produção de uma peça do vestuário está directamente ligada à utilização final desta e à conformação da silhueta que se pretende, uma vez que o vestuário age como uma segunda pele. A natureza do material oferece ou impõe diferentes condições de acordo as características de densidade, peso, cair, a elasticidade e outras. Com tecidos rijos tende-se a construir uma silhueta geométrica, com linhas de contorno rígida e espaços entre o corpo e a peça; materiais que têm muito cair ou escorregadios insinuam-se às formas do corpo através de uma linha suave; e materiais com texturas aderentes desenharão as formas do corpo seguindo a linha de suas curvas e concavidades, o que resultará, uma silhueta anatómica [36, 126].

Assim, é fundamental compreender que no desenvolvimento de uma peça do vestuário se está a intervir sobre a estrutura do corpo e que esse é o ponto de partida na configuração da topografia anatómica.

A proximidade ou a distância entre o têxtil e o corpo podem acentuar, disfarçar ou insinuar as formas. Torna-se, portanto, imprescindível considerar as faces internas e externas da peça. O interior estabelece a espacialidade primária e mais imediata ao corpo e o exterior funciona como um contorno que poderá se apresentar de forma

inovadora. Deve lembrar-se que o vestuário exerce pressão, fricção, pode acariciar ou arranhar; condiciona atitudes, gestos e movimentos para além do modo de experimentar e perceber o espaço circundante. A silhueta intervém sobre o esquema corporal, tanto os aspectos internos como externos afectam a vida quotidiana do indivíduo, e actuam sobre os vínculos sociais e espaciais.

Para Neves [120], características como capacidade de alongamento e recuperação da forma na malha assim como a capacidade de absorção da humidade do algodão, fizeram com que a produção de tecidos de malha de algodão, durante muitos anos, fosse destinada ao mercado de roupa interior. Com o surgimento das fibras sintéticas a T-shirt ganha novas aplicações e alarga o mercado consumidor, nascendo novos nichos de mercado, como sportswear e o activewear.

A utilização de tecidos de malha na confecção de peças do vestuário configura-se essencial, principalmente quando se trata do vestuário desportivo. A sua construção física, na qual laçadas se formam durante o processo de produção, permite mobilidade da mesma concernente com os movimentos do utilizador. Ao se comparar tecidos planos com os tecidos de malha, verifica-se que, de uma maneira geral, os tecidos de malhas são mais providos de elasticidade, flexibilidade e maleabilidade, em contraste à estrutura firme dos tecidos planos [120]. Por si mesmos, os tecidos de malhas expandem-se e retornam à forma original segundo as formas da anatomia e dos movimentos [36].

2.7.3.2 O processo *Seamless* – a malha como segunda pele

A decisão pelo design final de um produto desempenha papel fundamental na forma como ele vai chegar ao utilizador. O projecto inclui processos e aspectos relativos ao design de engenharia mecânica, eléctrica, software e design industrial como a estética, a ergonomia e as interfaces com o utilizador [115]. Enfim, considerá-los conjuntamente para diferenciar o produto cuja finalidade principal deve ser fornecer elevados níveis de percepção de valor. Actualmente, e cada vez mais, a tecnologia disponível existente favorece a produção e desenvolvimento de produtos sob métodos mais eficientes e com as exigências de uma produção mais efectiva.

A confecção tradicional de uma peça do vestuário reúne uma série de operações que inclui desde a modelagem, passando pelo corte até a montagem. Tempo, número de operações, espaço físico, maquinaria e quantidade de pessoal envolvido são elementos de elevado custo a serem incorporados no valor final da peça. O método tradicional de confecção de roupas do vestuário envolve várias etapas durante a montagem, além do uso de pessoal devidamente qualificado (especializado nas devidas operações) o que se reflecte no tempo e no custo total da produção. De acordo com Araújo (1995), redução de tempo e esforço são requisitos fundamentais para o conceito/sistema de design total.

Utilizando diversos fios através de diferentes alimentadores, a tecnologia *Seamless* constitui-se no processo que produz uma peça completa com o mínimo ou nenhum processo de corte e costura. Assim, o processo *Seamless* reduz significativamente o tempo utilizado na produção de uma T-shirt em comparação com a confecção tradicional como também minimiza o consumo de fios através da redução do desperdício, levando à maior produtividade do sistema, sem considerar que, na confecção tradicional, as aparas de tecidos são grandes fontes de desperdício [128].

Para a confecção de peças *Seamless*, existe a possibilidade de construção de malha tubular em teares rectos (bancada em V) e circulares, sendo que os primeiros possibilitam a produção de mais de um tubo e de diferentes tamanhos simultaneamente. Outra diferença básica entre os dois tipos de tear é relativamente ao jogo de agulhas. Enquanto o tear de bancada em V é composto de jogos que variam de 5 a 18 agulhas/polegada, as máquinas circulares se constituem de jogos entre 7 a 32 agulhas/polegadas (ou mais) o que faz reflectir na espessura da malha. Enquanto as primeiras são mais indicadas para produzir vestuário mais pesado de inverno, estas últimas produzem vestuário interior e exterior, vestuário de natação, de lazer e algumas peças de desporto em geral, uma vez que produzem malhas de textura mais delicada [122, 128].

A simplificação de produtos quanto a materiais e processos produtivos é condição necessária para uma produção industrial que priorize o resultado económico [115]. Neste sentido, a produção de peças em *Seamless* configura-se como uma inovação tecnológica que justifica o investimento inicial considerando todas as vantagens acima relacionadas.

A unificação do processo de produção do vestuário simplifica enormemente a confecção da peça e, neste caso, poderia dizer-se que a T-shirt nasce com a malha. Essa qualidade agrega-se à elasticidade e à maleabilidade do material com as quais se pode conseguir a adaptação de forma à anatomia do corpo [36, 122].

A silhueta do vestuário define a valorização da topografia anatómica. A conformação da silhueta depende da qualidade do têxtil e das resoluções construtivas da peça que tendem a aproximar-se ou afastar-se do corpo. A natureza do material fornece ou impõe diferentes condições, segundo o peso, o cair, a elasticidade, a densidade, a rigidez, etc. em consequência, e a partir de morfologias básicas, tecidos rijos tendem a construir uma silhueta geométrica com linha de contorno rígida, criando espaço independente entre o corpo e a peça; tecidos escorregadios ou com elevado cair insinuam-se às formas do corpo apresentando uma linha mais suave. Dependendo do nível de tensão e compressão em torno do corpo, tecidos elásticos ou aderentes ‘colam’ à superfície corporal desenhando curvas e concavidades resultando numa silhueta anatómica [36].

Alguns autores denominam o vestuário como uma segunda pele, devendo considerar-se a sua duplicidade: por dentro fornece a espacialidade básica e mais imediata do corpo e, por fora, funciona como um novo contorno. Tanto o aspecto interior quanto o exterior incidem na vida quotidiana do indivíduo e actuam sobre os vínculos espaciais e sociais. A silhueta intervém sobre o esquema corporal, modelando e recriando a anatomia. Com a proximidade ou afastamento do plano têxtil pode insinuar-se, ocultar, acentuar as formas a exaltar, deixar ou destacar certos traços da anatomia do utilizador.

As características dos tecidos de malha seguem o traçado das formas, das flexões corporais e sua mobilidade (como linha da cintura, linha do quadril, articulações) o que facilita a adaptação da peça ao corpo, ou ainda buscando um efeito de aderência entre a superfície têxtil e o corpo como também favorece à liberdade de movimentos [120]. Convém salientar que recursos estruturais de modelagem, tamanho da peça e nível de tensão e compressão da malha interferem nessa liberdade e bem-estar, considerados nos estudos de ergonomia.

A ergonomia física aborda a interacção homem-trabalho em termos de conforto físico, tratando de aspectos antropométricos (dimensões do corpo humano, postura,

movimentos e esforços) e ambientais de trabalho (ruídos, vibrações, iluminação, clima, substâncias químicas, etc). De acordo com Rozenfeld (2006), a ergonomia está relacionada com as interações físicas e cognitivas entre o homem e o produto. Quanto menores as interações de risco, 'mais ergonómico' é o produto.

Reunir e valorizar os recursos construtivos como funcionalidades, características ergonómicas e beleza estética permitem explorar a versatilidade morfológica de uma peça. O movimento durante o uso incide na transformação de uma determinada forma, principalmente sobre o vestuário. Este transforma-se conjuntamente com o movimento do corpo em função de factores circunstanciais ao movimento, tais como a dinâmica, a energia, a trajectória e o tempo, em diferentes níveis e direcção [36].

CAPÍTULO 3

Avaliação do desempenho de T-shirts para a prática de futebol

3.1 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE T-SHIRTS ACTUALMENTE UTILIZADAS EM FUTEBOL

Com o objectivo de estudar as características e propriedades de T-shirts existentes no mercado para a prática desportiva, especificamente de futebol profissional, seleccionaram-se alguns exemplares de marcas conhecidas que foram analisadas em termos do seu desempenho em diversos parâmetros relacionados com o conforto.

Inicialmente foram estudadas T-shirts em tecido e em malha. No entanto, após análise preliminar, e tendo em conta o objectivo inicial do estudo em utilizar malhas, optou-se por se trabalhar apenas com T-shirts em malha. Assim, os estudos realizados com as T-shirts em tecidos foram descartados.

Nesta fase da investigação, o objectivo foi estudar T-shirts com diferentes estruturas de malha e T-shirts com e sem forro, assim, seriam obtidos valores de referência para as propriedades em análise.

As T-shirts seleccionadas são 100% poliéster, sendo duas delas produzidas com fios de tecnologia *Climacool*[®] (com propriedades de gestão e controlo da humidade). Uma das T-shirts seleccionadas apresenta uma camada interior, designada por forro.

Para melhor compreensão, foram nomeadas de Amostra 1, 2 e 3, tal como pode ser observado na Figura 3.1. A T-shirt 3, como continha forro, teve duas designações: 3A para a camada exterior e 3B para a camada interior, quando utilizadas as duas camadas conjuntamente, designou-se por 3AB. As Amostras 2 e 3 são as produzidas com a tecnologia *Climacool*[®].



Fig. 3.1 – T-shirts analisadas

3.1.1 Caracterização dos materiais

A caracterização das malhas utilizadas, assim como todos os procedimentos relativamente aos ensaios realizados, seguiu às Normas aplicáveis (ANEXO VIII), tendo incluído os seguintes parâmetros: debuxo, espessura, comprimento de laçada, factor de cobertura, massa linear dos fios e o número de colunas e fileiras/cm.

3.1.1.1 Debuxo

A Figura 3.2 apresenta a estrutura das malhas das T-shirts utilizadas. Verifica-se que todas as estruturas são produzidas utilizando dois sistemas de agulhas combinando laçadas flutuantes com laçadas normais. Na Amostra 1, a célula estrutural do ponto (c.e.p.) é composta por 6 alimentações utilizando dois fios, sendo que o Fio 1 é utilizado apenas num dos sistemas de agulhas tricotando laçadas normais alternadas com laçadas flutuantes em cada alimentação. Na alimentação seguinte, o Fio 1 alterna de agulha. Nas 4ª e 5ª alimentações, o fio alterna a posição das laçadas normais e flutuantes, em relação à 1ª e à 2ª alimentação. O Fio 2 é utilizado para produzir uma estrutura do tipo interlock, sendo que na alimentação seguinte, o Fio 2 alterna a agulha.

Seis alimentações compõem a c.e.p. da Amostra 2, produzida com três fios. Os Fios 1 e 3 produzem uma estrutura tipo interlock, sendo que alternam as agulhas em cada alimentação. O Fio 2 é utilizado em apenas um dos sistemas de agulhas, tricotando laçadas normais alternadas com laçadas flutuantes em cada alimentação. Na alimentação seguinte, o Fio 2 alterna a posição nas agulhas.

A c.e.p. da Amostra 3 é composta por 21 alimentadores e produzida por três fios. Na primeira alimentação o Fio 1 tricota quatro laçadas normais no cilindro e uma no disco. Na alimentação seguinte é produzida uma estrutura normal no cilindro. Essas duas alimentações repetem-se por nove vezes. Na 19ª alimentação o Fio 1 tricota de igual forma relativamente à primeira alimentação. Em seguida, o Fio 2 tricota três laçadas normais no cilindro e duas normais alternadas com uma flutuante no disco. O Fio 3 produz uma estrutura tipo interlock.

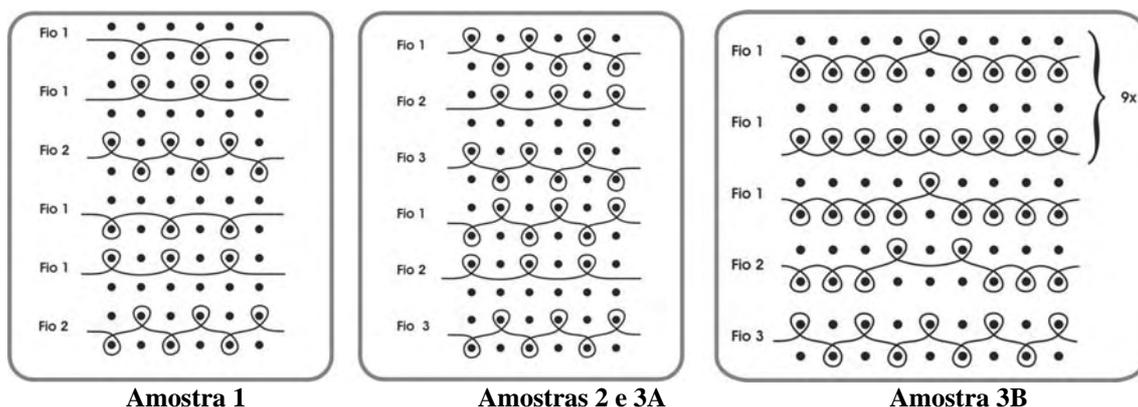


Fig. 3.2 – Estrutura das malhas das T-shirts ensaiadas

3.1.2 Propriedades dimensionais

O Quadro 3.1 apresenta as propriedades dimensionais das malhas ensaiadas nesta fase.

Quadro 3.1 – Propriedades dimensionais											
	Amostra 1		Amostra 2			Amostra 3A			Amostra 3B		
	Fio 1	Fio 2	Fio 1	Fio 2	Fio 3	Fio 1	Fio 2	Fio 3	Fio 1	Fio 2	Fio 3
Densidade linear (Tex)	9,26	9,22	9,72	9,77	9,13	9,61	9,60	9,00	9,07	5,80	4,92
Comprimento de laçada (cm)	0,26	0,14	0,22	0,12	0,22	0,22	0,12	0,22	0,21	0,16	0,26
Factor de cobertura (K)	16,03		17,43			17,22			11,69		
Massa (g/m ²)	150,07		134,25			140,93			91,90		
Colunas/cm	19		17			17			18		
Fileiras/cm	19		17			17			22		
Espessura (mm)	0,59		0,50			0,53			0,56		

Embora todos os fios sejam produzidos em 100% poliéster, os fios diferem no brilho, o que favorece a aparência brilhante na face exterior da T-shirt. Verificou-se que as Amostras 2 e 3A apresentam fios, comprimentos de laçadas e massa linear muito semelhantes. A diferença mais notória entre as duas é a existência do forro na Amostra 3.

O peso das T-shirts 1, 2 e 3 é de 158,30g, 162,10g e 245,40g, respectivamente.

3.1.3 Resultados obtidos

3.1.3.1 Propriedades de regulação da humidade

A – Capilaridade horizontal

A Figura 3.3 mostra o comportamento das amostras quanto à capilaridade horizontal.

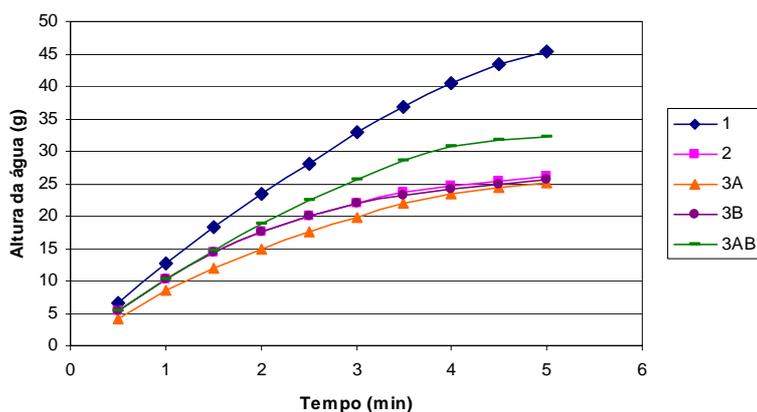


Fig. 3.3 – Capilaridade horizontal

Analisando os resultados, é possível verificar que o melhor comportamento é apresentado pela Amostra 1 que apresenta o maior nível de condução de água, seguida da Amostra 3AB, que corresponde à amostra forrada com as duas camadas de malhas. As Amostras 2 e 3B apresentam comportamento exactamente igual, sendo que a Amostra 3A também tem reacção muito semelhante. Ao fim dos cinco minutos, as três Amostras – 2, 3A e 3B, apresentam o mesmo nível de capilaridade.

B – Capilaridade vertical

As Figuras 3.4a e 3.4b mostram o comportamento em capilaridade das amostras ensaiadas, na direcção das colunas e das fileiras, respectivamente.

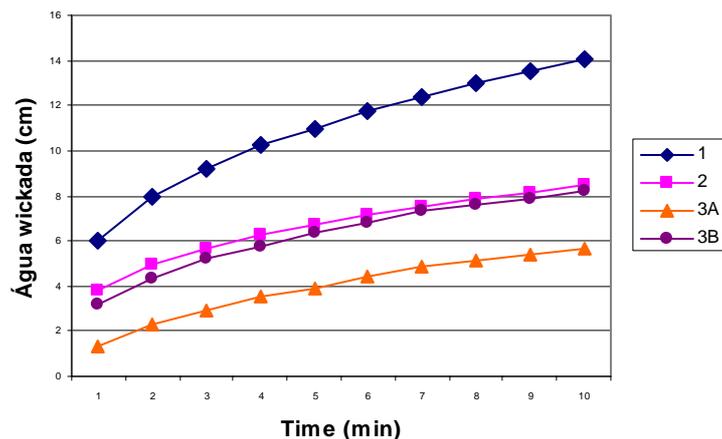


Fig. 3.4a – Capilaridade vertical – colunas

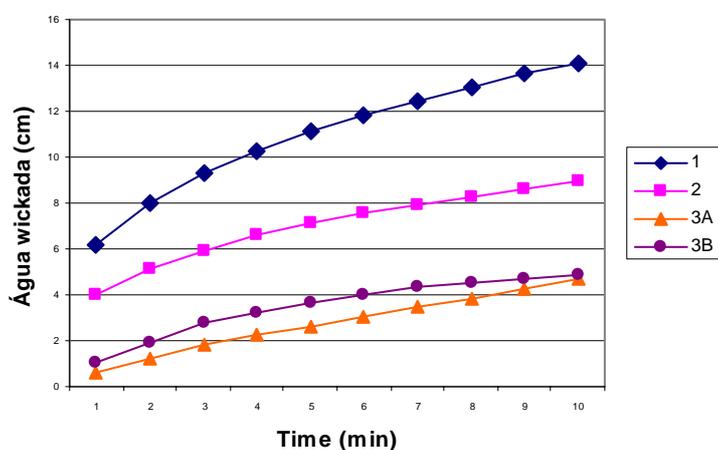


Fig. 3.4b – Capilaridade vertical – fileiras

Analisando os resultados, verifica-se que a Amostra 1 apresenta o melhor desempenho em termos de capilaridade vertical, tanto na direcção das colunas quanto na direcção das fileiras.

As Amostras 2 e 3A não apresentam comportamentos idênticos como esperado, uma vez que suas características dimensionais são semelhantes. É provável que alguma diferença nos fios, em que algum parâmetro no processo de produção dos mesmos possa ter variado e levado ao comportamento diferenciado.

De uma forma geral o comportamento destas amostras nos dois sentidos é similar. Entretanto, como amostras produzidas com *Climacool*[®], não apresentam os resultados

esperados tendo em conta as funcionalidades referidas para esta fibra, relacionadas com a gestão da humidade.

C – Perda de humidade

As Figuras 3.5a e 3.5b mostram o comportamento das amostras quanto à perda de humidade sob condições de 20°C sob humidade relativa de $65 \pm 2\%$ e de 35°C.

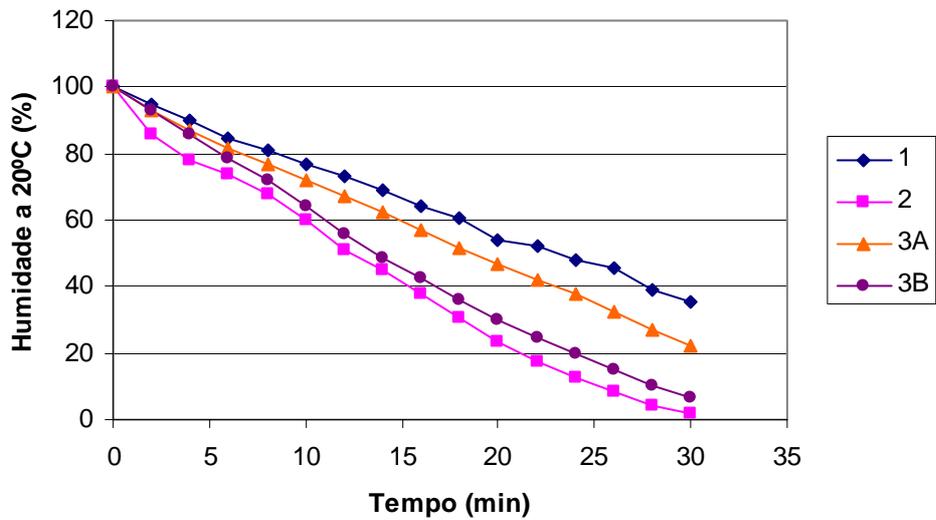


Fig. 3.5a – Perda de humidade a 20°C

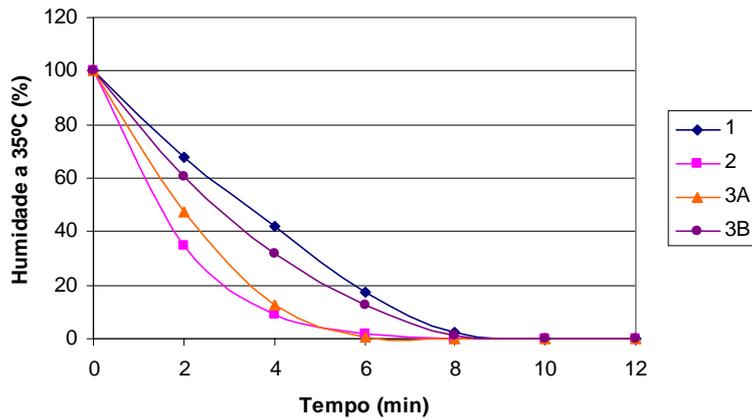


Fig. 3.5b – Perda de humidade a 35°C

À temperatura de 20°C, a Figura 3.5a mostra que a Amostra 2 perde humidade mais rapidamente que as restantes. Nos primeiros cinco minutos destaca-se a taxa de perda de humidade na Amostra 2 comparando-se às demais. O comportamento da Amostra 1

mostra que a mesma requer mais tempo para a perda da humidade, uma vez que esse processo ocorre muito lentamente.

Verifica-se, entretanto, que à temperatura de 35°C algumas amostras se comportam de forma distinta. É obvio que à temperatura de 35°C o tempo da perda total da humidade é significativamente menor, do que na temperatura de 20°C. Este factor pode ser constatado na Figura 3.5b.

Na Figura 3.5b verifica-se que, nos primeiros dois minutos, a perda de humidade é mais rápida principalmente para as Amostras 2 e 3A. Embora a velocidade de perda de humidade na Amostra 2 seja maior, aos seis minutos o seu comportamento é idêntico ao da Amostra 3A. Note-se que estas duas amostras contêm fibras com a tecnologia *Climacool®* dita como reguladora/gestora da humidade.

A Amostra 1 é a que apresenta menor perda de humidade e a que necessita de mais tempo para a perda total da humidade. Para a Amostra 3B, os resultados podem ser considerados muito desfavoráveis, tendo em vista que esta amostra corresponde à camada de forro da T-shirt. Se ela está em contacto directo com a pele deveria ter a propriedade de libertação da humidade como a sua principal característica.

Na análise dos comportamentos relativos à capilaridade e à perda de humidade, percebe-se que a Amostra 1 conduz maior volume de água mas também precisa de maior tempo para a sua perda.

3.1.3.2 Propriedades térmicas

Os ensaios foram realizados no aparelho togmeter e no manequim térmico e permitiram obter valores do isolamento térmico das T-shirts.

A – Togmeter

O Quadro 3.2 mostra as propriedades térmicas das T-shirts analisadas. A Amostra 3AB apresenta a maior resistência térmica, devido ao facto de ser uma T-shirt forrada, onde estão presentes duas camadas de malha.

Quadro 3.2 – Propriedades térmicas obtidas no aparelho togmeter				
Amostra	Espessura (d)	Resistência de Contacto (R_c)	Resistência Térmica (R_f)	Condutividade Térmica (k)
	(mm)	(Km^2/W)	(m^2K/W)	($W/(mK)*10^{-3}$)
1	0,59	0,059	0,0032	0,0115
2	0,50	0,028	0,0052	0,0161
3A	0,53	0,029	0,0052	0,0092
3B	0,56	0,029	0,0031	0,0097
3AB	0,96	0,028	0,0179	0,0155

Observa-se no Quadro 3.2 que a Amostra 3AB apresenta o maior isolamento térmico, embora se verifique que as duas camadas em separado apresentem baixo isolamento. Verifica-se que a espessura dessa amostra é superior às demais, mas também pode-se relacionar que a camada de ar gerado entre as duas camadas de malha tenha contribuído para esse resultado. Embora as Amostras 2 e 3A apresentem o mesmo nível de resistência não apresentam o mesmo nível de condutividade térmica. Apesar da espessura da Amostra 3B ser similar às demais, esta amostra apresenta o valor mais baixo de resistência térmica, acredita-se que esse resultado seja devido ao seu baixo grau de aperto, o que a torna uma malha aberta e, por isso, com menor resistência térmica.

Verifica-se que as Amostras 1, 2 e 3A apresentam espessuras muito semelhantes, entretanto, apenas as amostras 2 e 3A apresentam o mesmo valor de isolamento térmico. É provável que as características propostas por estas T-shirts, confeccionadas com a tecnologia *Climacool*[®], justifiquem o resultado encontrado.

B – Manequim térmico

O manequim térmico é um equipamento que simula a reacção do corpo humano em resposta ao isolamento térmico do vestuário. A partir desse equipamento, é possível fazer a medição dos valores de isolamento térmico. São calculados o isolamento térmico total (I_t), o isolamento térmico do manequim despido (I_a), o isolamento térmico básico (I_{cl}) e o isolamento térmico efectivo da peça (I_{cle}).

Foram obtidos valores de isolamento através de dois modelos: em série e em paralelo. O modelo de cálculo em série corresponde ao isolamento térmico local dos segmentos do

corpo do manequim vestido pela peça em ensaio. O modelo de cálculo em paralelo diz respeito ao isolamento da peça, proporcional à área de todo o corpo do manequim.

Os valores obtidos para o isolamento térmico das T-shirts ensaiadas encontram-se no Quadro 3.3.

Quadro 3.3 – Propriedades térmicas obtidas no manequim térmico					
Modelo em série					
	I_t	I_a	f_{cl}	I_{cl}	I_{cle}
1	0,063325	0,008861	1,2955	0,15	0,054464
2	0,052283	0,009777	1,2955	0,15	0,042505
3AB	0,065761	0,007574	1,2955	0,15	0,058187
Modelo em paralelo					
	I_t	I_a	f_{cl}	I_{cl}	I_{cle}
1	0,045563	0,008861	1,2955	0,15	0,036702
2	0,044576	0,009777	1,2955	0,15	0,034799
3AB	0,051326	0,001174	1,2955	0,15	0,050152

I_t - isolamento térmico total

I_a - isolamento do manequim despido

I_{cl} - isolamento térmico básico

I_{cle} - isolamento térmico efectivo da peça

$$F_{cl} = 1 + (1,97 * I_{cl})$$

Assim, tal como no togmeter, no manequim térmico a Amostra 3AB é a que apresenta os maiores valores de isolamento térmico (I_t) e de isolamento térmico efectivo (I_{cle}), isto significa que esta T-shirt tem maior poder de isolamento que as demais, tanto o isolamento calculado seccionalmente (método em série), quanto relativo à toda área do corpo (método em paralelo). As outras duas amostras não acompanham a mesma tendência.

O I_{cle} corresponde ao isolamento efectivo que a peça proporciona na área vestida., o I_t inclui o isolamento efectivo e a camada de isolamento térmico da superfície do corpo, o I_a . Os resultados obtidos nos modelos em série e em paralelo vêm a confirmar que o isolamento térmico da T-shirt 3AB é superior às demais.

3.1.3.3 Permeabilidade

A – Permeabilidade ao vapor de água

O Quadro 3.4 mostra o índice de permeabilidade ao vapor de água das amostras ensaiadas.

Quadro 3.4 – Permeabilidade ao vapor de água			
Amostra	WVP_f	WVP_r	Índice (%)
1	873,08	836,84	104,33
2	774,15	698,70	110,80
3A	754,36	698,70	107,97
3B	949,82	836,84	113,50
3AB	611,15	662,65	92,23

WVP_f – Permeabilidade do vapor de água da amostra

WVP_r – Permeabilidade do vapor de água do tecido referência

$I = WVP_f / WVP_r * 100$

O maior nível de permeabilidade ao vapor d'água é obtido para a Amostra 3B, ou seja, o forro da T-shirt 3, favorecendo a manutenção do corpo à temperatura e conforto e permitindo que o tecido “respire”, uma vez que não bloqueia a transpiração. O facto de ser uma camada próxima da pele, tendo como função criar as condições para um microclima agradável e para a evaporação do suor na superfície da pele, esse nível de permeabilidade já era esperado, em comparação com as demais amostras. Em segundo lugar, a Amostra 2 seguida da Amostra 3A. Tratando-se de camadas únicas, no último nível encontra-se a Amostra 1. Como esperado, o nível da permeabilidade ao vapor da Amostra 3AB cai sensivelmente quando comparado às malhas separadamente. Isso indica que, conjuntamente, as duas camadas impedem o transporte do vapor de água do corpo para o ambiente.

B – Permeabilidade ao ar

A Figura 3.6 mostra os resultados obtidos para a permeabilidade ao ar das amostras ensaiadas.

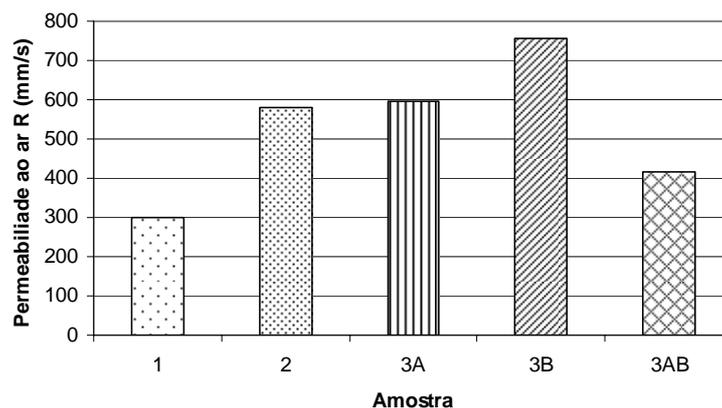


Fig. 3.6 – Permeabilidade ao ar

Verifica-se que há diferenças significativas entre os resultados obtidos. As Amostras 3A e 3B apresentam os melhores resultados em separado. A estrutura do forro (Amostra 3B) é bastante aberta o que favorece o elevado nível de permeabilidade ao ar, conforme pode ser visto na Figura 3.6. No entanto, quando se coloca juntamente as duas amostras, ou seja, no caso do tecido forrado, a permeabilidade ao ar cai para nível significativamente inferior. A Amostra 1 é a que apresenta o menor nível de permeabilidade ao ar, sendo que o melhor nível é o da Amostra 3. Embora não se verifique a relação directa, em todas as amostras, entre a permeabilidade ao ar e o grau de aperto, a amostra 3B tem o menor grau de aperto e a maior permeabilidade ao ar, sendo que essa permeabilidade cai significativamente quando é combinada com a malha exterior, uma vez que o grau de aperto da malha exterior é superior ao do ‘forro’.

3.1.3.4 Propriedades físicas

A – Cair

A Figura 3.7 mostra os resultados obtidos para o coeficiente de cair (F) das amostras ensaiadas.

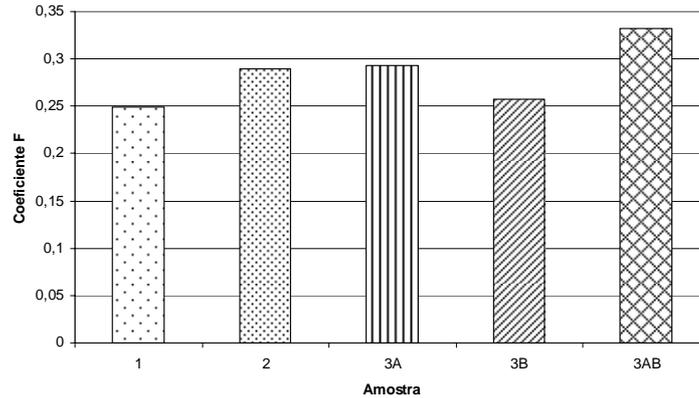


Fig. 3.7 – Coeficiente de cair

A Amostra 1 apresenta o menor coeficiente enquanto que a Amostra 3AB o maior coeficiente, ou seja, a primeira tem o melhor cair e a última apresenta-se menos moldável. Isso sugere que o facto de serem duas camadas de malha (3AB), a torne menos flexível, causando maior impacto da peça sobre a pele quando o utilizador se encontra em movimento.

B – Rigidez à flexão

A Figura 3.8 mostra os resultados obtidos no ensaio de rigidez à flexão das amostras ensaiadas nas direcções das colunas e das fileiras.

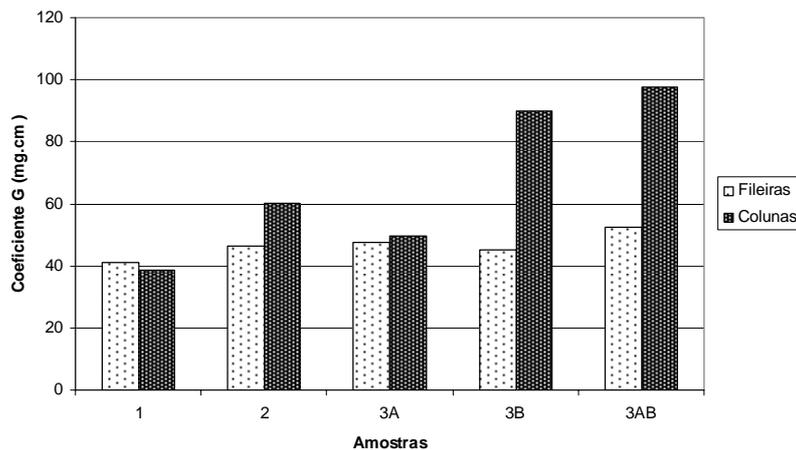


Fig. 3.8 – Coeficiente de rigidez à flexão

De uma maneira geral, os maiores coeficientes são obtidos no sentido das colunas, significando que é neste sentido que as amostras se mostram mais rígidas. Sabe-se que,

quanto mais próximo de zero o coeficiente G, menor a rigidez do material à flexão. A Amostra 1 apresenta o melhor resultado, tanto no sentido das fileiras como no sentido das colunas, sendo, inclusivamente, a única em que a rigidez à flexão é levemente inferior no sentido das colunas. A Amostra 2 apresenta elevado nível de rigidez no sentido das colunas. A Amostra 3A indica comportamento muito semelhante, entre o sentido das fileiras e das colunas. Observa-se que a Amostra 3B apresenta o mais alto grau de rigidez à flexão no sentido das colunas, explicando o resultado da Amostra 3AB, onde o nível de rigidez no sentido das colunas é significativamente mais elevado do que o das restantes.

3.1.3.5 Resistência multidireccional

A Figura 3.9a apresenta os resultados obtidos para a resistência multidireccional das amostras. É possível verificar que a Amostra 1 apresenta resultados superiores para este parâmetro, uma vez que é necessário maior pressão para o seu rebandamento. Os resultados obtidos podem ser escalonados da seguinte forma: Amostra 1 > Amostra 2 > Amostra 3A. Convém salientar que a Amostra 3AB não foi ensaiada neste teste, tendo em conta que o forro da T-shirt é solto e, no caso de uma puxada do adversário, o contacto é apenas com a malha exterior.

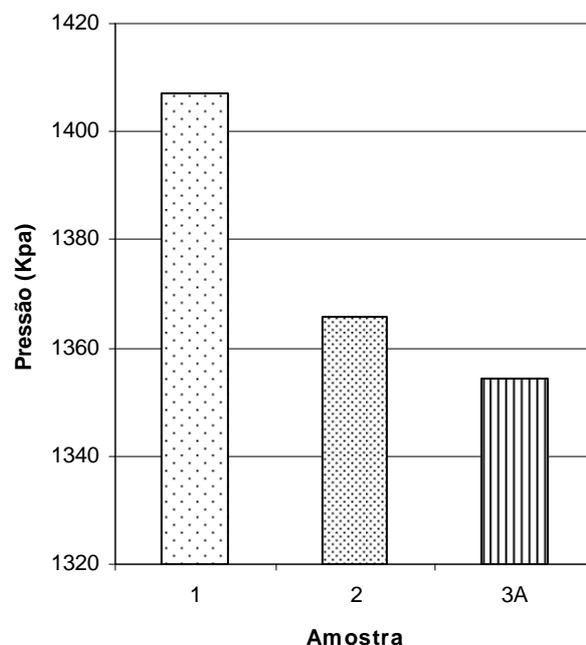


Fig. 3.9a – Pressão para o rebandamento multidireccional

Os valores obtidos para a distensão à pressão máxima, apresentam-se na Figura 3.9b. Tal como esperado, quanto maior a pressão maior a distensão obtida, pelo que o comportamento é semelhante ao já referido para a resistência.

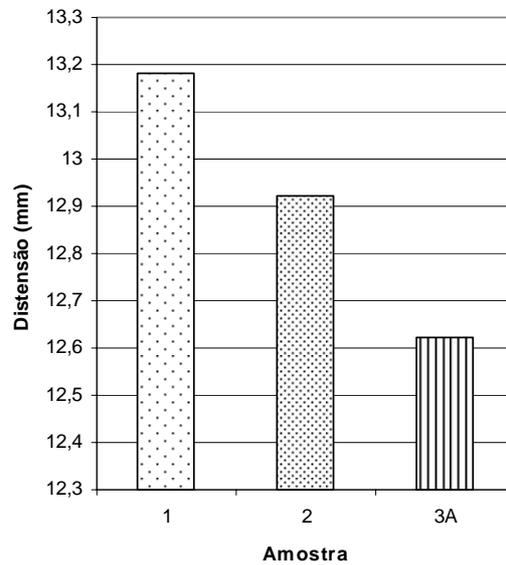


Fig. 3.9b – Distensão no rebentamento multidireccional

Na Figura 4 pode verificar-se que a Amostra 1 requer uma pressão superior às demais amostras para que ocorra o seu rebentamento. Assim, confirma-se o grau de maior resistência da referida Amostra, seguida da Amostra 2 e, por último, a Amostra 3A.

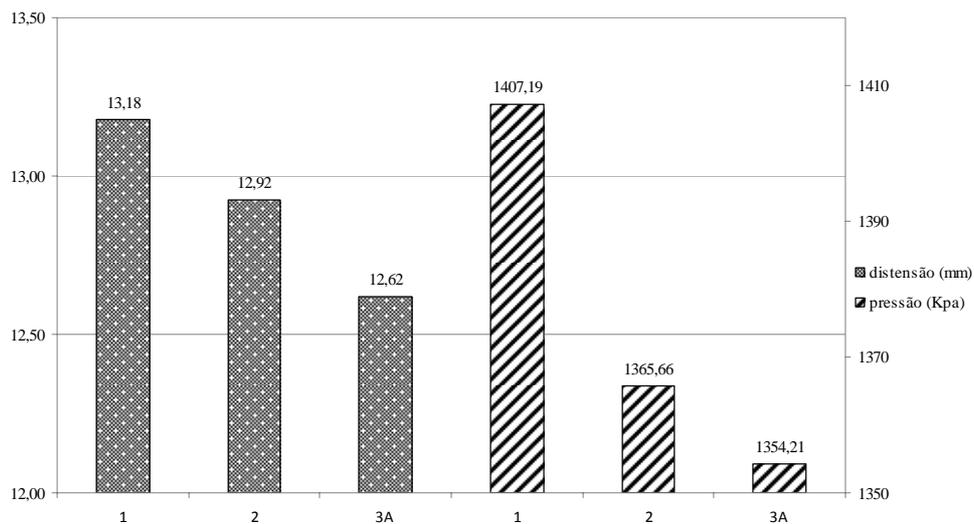


Fig. 3.10 – Relação pressão vs distensão multidireccional

3.2 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitiram retirar valores de referência para os parâmetros ensaiados com base nas T-shirts actualmente utilizadas por jogadores de futebol profissional. Por outro lado, analisando os debuxos utilizados nestas malhas, principalmente as patentes nas Amostras 1 e 2 pode-se constatar que debuxos com quantidade de fileiras tricotadas nos dois sistemas de agulhas favorecem a capilaridade horizontal e vertical. Por outro lado, levam a que a malha apresente piores desempenhos em termos de perda de humidade.

Quando se comparam os resultados obtidos para T-shirts com e sem forro, verifica-se que de uma maneira geral, o forro leva a piores desempenhos sendo, portanto, um factor a considerar no design a levar a cabo.

O debuxo de uma malha pode influenciar fortemente o seu nível de capilaridade e assim o líquido penetrar mais facilmente nos espaços existentes entre os fios. De entre as amostras 1, 2 e 3A, a Amostra 1 tem o menor factor de cobertura (k) e a maior capilaridade vertical e horizontal, entretanto, é igualmente a que mais requer tempo para a perda dessa humidade retida. A estrutura do debuxo mais simples em relação às demais, a presença de laçadas flutuantes e a quantidade de apenas dois fios diferentes, podem ser factores que expliquem o seu comportamento.

Embora se perceba que a Amostra 3B tenha o menor factor de cobertura de todas as amostras, não se verifica destaque no nível de capilaridade. Entretanto, é interessante assinalar que no ensaio de capilaridade horizontal, a Amostra 3AB apresenta elevado nível de capilaridade, mas no ensaio de perda de humidade apresenta comportamento mediano. Sendo uma T-shirt que se define com propriedades de gestão e controlo da humidade, seus resultados deixam a desejar.

O tipo de material e a espessura são factores determinantes das propriedades térmicas de um produto têxtil, sendo que o debuxo também pode interferir nestes resultados, assim como também acabamentos especiais que o material tenha recebido. Mesmo que as três amostras sejam produzidas em 100% PES, verificou-se diferença no isolamento térmico destas. A existência de camada dupla, Amostra 3AB, que faz aumentar a espessura do

material, forneceu o maior isolamento térmico confirmado nos ensaios realizados: com o togmeter e com o manequim térmico.

O debuxo, os interstícios da malha, o factor de cobertura e a espessura podem ser considerados aspectos relevantes no que concerne à propriedade de permeabilidade ao vapor de água. O conjunto desses factores mostra que a Amostra 3B (forro) apresenta o melhor resultado e a Amostra 3AB, o pior, ou seja, a passagem do vapor de água é favorecida ou reduzida devido ao comportamento do material diante da reunião desses aspectos.

Assim como a permeabilidade ao vapor, a permeabilidade ao ar também depende das características relativas à estrutura e ao factor de cobertura da malha. Essas características levaram o melhor desempenho da Amostra 3B, uma malha aberta, de menor factor de cobertura.

O debuxo, o factor de cobertura, o tipo e estrutura do fio, a massa e os acabamentos são aspectos que podem definir e/ou interferir na capacidade de cair e na rigidez à flexão de um material têxtil. O conjunto destes aspectos confirmam que a Amostra 3AB apresenta os maiores coeficientes, ou seja, os piores resultados e a Amostra 1 os melhores, relativamente a essas duas propriedades.

As T-shirts 2 e 3, produzidas com a tecnologia *Climacool*[®] não corresponderam às expectativas, uma vez que a referida tecnologia é relativa à melhor gestão e controlo da humidade.

O conforto ideal necessário para o utilizador reúne as melhores características de cada uma das T-shirts. Assim, tem-se resultados que poderão ser melhorados a fim de que uma T-shirt seja projectada e construída com propriedades adequadas ao melhor conforto estético, psico e termofisiológico do atleta.

CAPÍTULO 4

Inquéritos aplicados a jogadores de futebol profissional

4.1 OBJECTIVO

A aplicação de inquéritos consiste numa ferramenta para conhecer a percepção dos utilizadores relativamente a um determinado produto. Tendo em conta que o trabalho se destina a desenvolver uma T-shirt com propriedades de conforto, o inquérito objectivou identificar as sensações percebidas pelos jogadores de futebol profissional em relação às características das T-shirts, na altura utilizadas, determinantes dessa sensação.

4.2 DESENVOLVIMENTO DO INQUÉRITO

Traçado o objectivo, o desenvolvimento do inquérito consistiu na aplicação de um pré-teste, após sua elaboração, para a verificação da sua aplicabilidade. Após algumas alterações, e um novo pré-teste, o inquérito foi aplicado (ANEXO IX) em jogadores de futebol profissional logo após o seu uso, em jogo de treino. Nessa condição os jogadores foram orientados previamente para que, ao final do treino, pudessem fazer uma avaliação mais aproximada da realidade.

O inquérito desenvolvido encontra-se estruturado nas seguintes secções:

A – Especificações básicas, onde se objectiva conhecer as características dos inqueridos, como idade, posição que ocupa na equipa, o tempo de uso da T-shirt em avaliação e se usa T-shirt interior.

B – Nesta secção as questões referem-se às características observadas durante a utilização do equipamento, tais como absorção e libertação do suor pela T-shirt, nível e locais de sudção, circulação de ar entre o corpo e a T-shirt e sua resistência. Questionou-se, ainda, as sensações de toque, flexão e características de ergonomia relativamente à conformabilidade da T-shirt ao corpo e aos seus movimentos.

C – Nesta secção solicitou-se a opinião e sugestões relativamente ao design da T-shirt.

Em sua maioria, as questões são fechadas, mas sob alguns aspectos foi necessária a utilização de questões abertas.

4.3 METODOLOGIA DE APLICAÇÃO DO INQUÉRITO

As equipas seleccionadas foram o Sporting Clube de Braga, o Rio Ave Futebol Clube e a Universidade do Minho e a aplicação do inquérito decorreu durante o período de Fevereiro a Abril de 2007.

Considerando que Portugal contém 16 equipas na primeira divisão, que cada uma é composta por 22 elementos, a população compreende a uma média de 380 atletas. Assim, definiu-se a amostra em aproximadamente 10% dessa população, o que, por conseguinte, foram realizados 38 inquéritos. Participaram 38 atletas, jogadores de futebol profissional que ocupam as diversas posições dentro de uma equipa de futebol.

Através dos resultados obtidos e tendo em vista as características da T-shirt utilizada é possível retirar conclusões quanto às necessidades actuais em termos das T-shirts para futebol profissional.

4.3.1 Caracterização da T-shirt analisada

A T-shirt utilizada pelos jogadores inqueridos, da marca Lacatoni, durante a presente época profissional, é constituída por 100% poliéster, sendo a estrutura baseada numa malha de mistura rib e derivado do jersey (Figuras 4.1 e 4.2).



Fig. 4.1 – T-shirts utilizadas pelo Sporting Clube de Braga, Rio Ave Futebol Clube e Universidade do Minho¹³

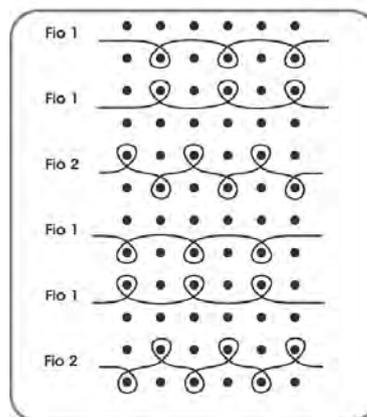


Fig. 4.2 – Estrutura do tecido de malha da T-shirt

¹³ Foto de T-shirts utilizadas pelo Sporting Clube de Braga (branco e vermelho), Rio Ave Futebol Clube (branco e verde) e Universidade do Minho (azuis).

4.4 RESULTADOS

4.4.1 Análise dos resultados obtidos

Os resultados obtidos encontram-se divididos em duas partes:

- Características da população;
- Desempenho funcional das T-shirts

4.4.1.1 Características da população

A amostra utilizada é formada por um conjunto de atletas (plantel) com idade variável entre os 17 e os 37 anos, com uma maior concentração na gama dos 23 e 26 anos (26,3%) e dos 26 aos 29 anos (21,1%), como se pode verificar pelo Quadro 4.1. Relativamente aos atletas que responderam ao inquérito, mais de 30% actuam na posição ‘médio’, seguidos das posições ‘atacante’ e ‘defesa’. Constata-se ainda, que mais de 50% dos atletas participaram em tempo integral na actividade durante a avaliação das T-shirts.

Idade	17 20	10,5%
	20 23	18,4%
	23 26	26,3%
	26 29	21,1%
	29 32	13,2%
	32 35	5,3%
	35 38	10,5%
Posição que ocupa na equipa	Defesa	21,1%
	Médio	34,2%
	Atacante	28,9%
	Guarda-redes	15,8%
Tempo de uso da T-shirt	15 min	28,9%
	30 min	10,5%
	45 min	7,9%
	90 min	52,6%

4.4.1.2 Desempenho funcional das T-shirts

A – Características observadas durante a utilização da T-shirt

- Sensação ao vestir e após utilização

Foram analisadas as sensações percebidas pelos atletas ao vestir a T-shirt e após a sua utilização. Nas Figuras 4.3a e 4.3b, observa-se uma diferença significativa entre o grau de conforto ao vestir e após o tempo de uso.

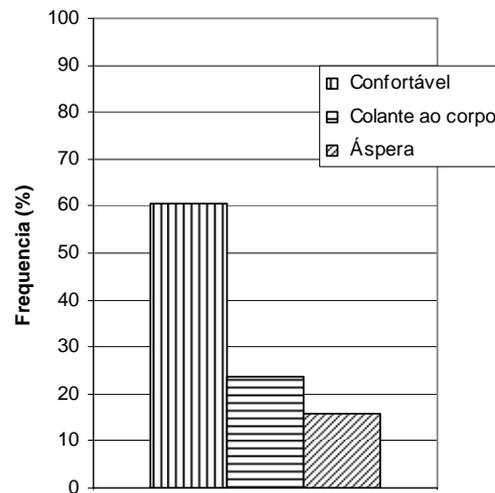


Fig. 4.3a – Variação do grau de conforto ao vestir a T-shirt

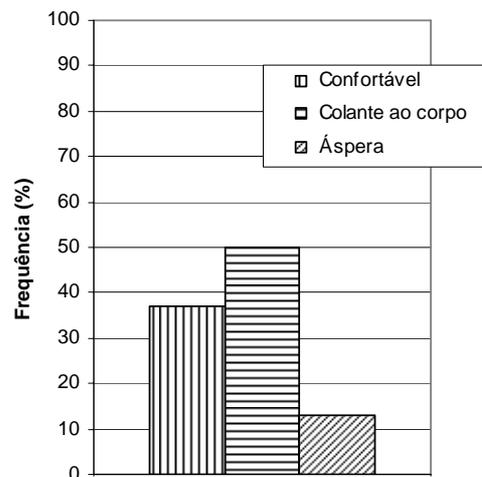


Fig. 4.3b – Variação do grau de conforto após a utilização da T-shirt

Em princípio, mais de 60% consideram a T-shirt confortável ao vestir (Figura 4.3a) mas essa sensação decai após o uso, para 36%; enquanto que a sensação de colante ao corpo se eleva de 22% para 50% (Figura 4.3b). Isto ocorre devido ao facto de que, quando em contacto com o corpo suado, a T-shirt cola no corpo.

Alguns jogadores utilizam uma T-shirt interior durante a actividade. Questionou-se então o motivo desse facto. As Figuras 4.4a e 4.4b apresentam as justificações pelo uso da T-shirt interior.

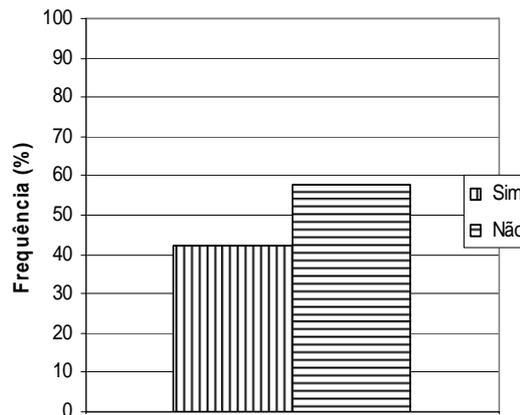


Fig. 4.4a – Utilização da T-shirt interior

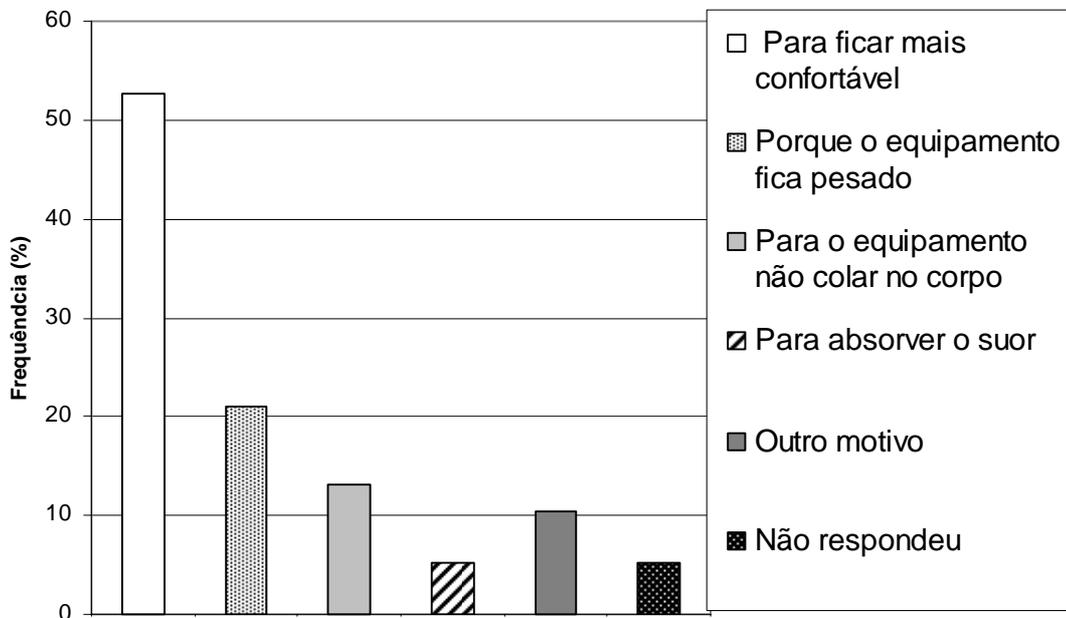


Fig. 4.4b – Justificação da utilização da T-shirt interior

A Figura 4.4a mostra que, para suavizar essa sensação, 42% utilizam T-shirt interior. Na Figura 4.4b, verifica-se que 52,6% justificaram esta utilização pelo facto de se sentirem mais confortáveis e quase 40% afirmaram que a utilizam porque o equipamento fica mais pesado ou cola ao corpo durante a actividade.

- Absorção do suor

As Figuras 4.5a e 4.5b apresentam os dados referentes à absorção do suor pela T-shirt.

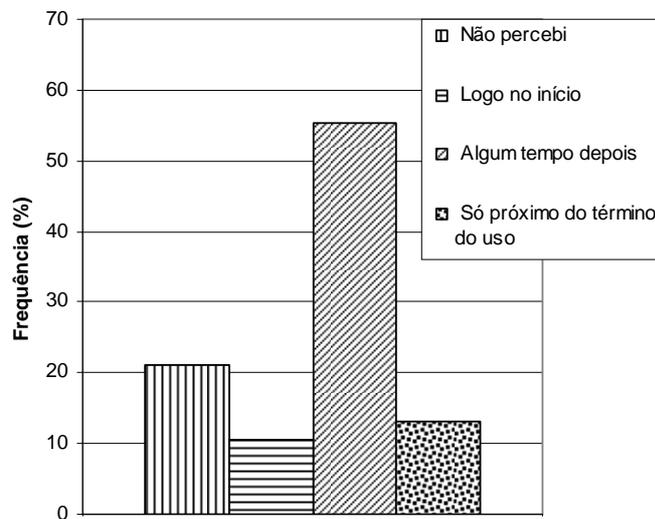


Fig. 4.5a – Sensação de absorção do suor pela T-shirt

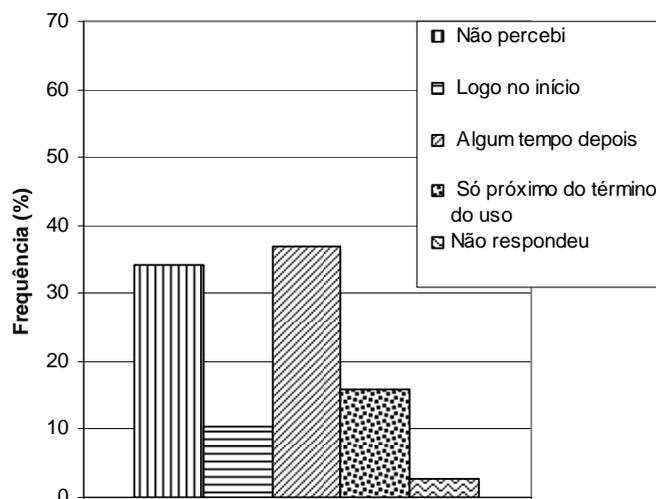


Fig. 4.5b – Sensação de absorção do suor na frente da T-shirt

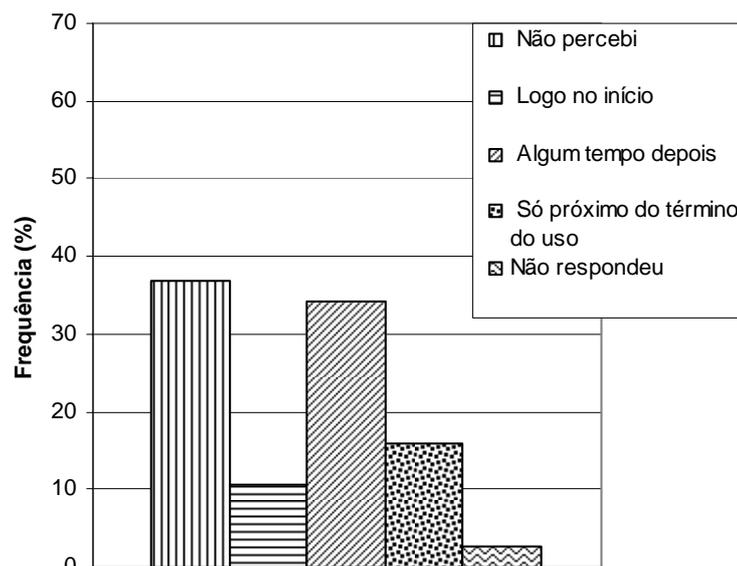


Fig. 4.5c – Sensação de absorção do suor nas costas da T-shirt

Relativamente às características observadas durante a utilização da T-shirt, um dos principais parâmetros a analisar é a absorção (ou não) do suor, por parte desta. Verificou-se que os atletas perceberam algum tempo depois que o suor não foi absorvido pela T-shirt, tanto na parte da frente (36,8%) como na parte das costas (34,2%), conseqüentemente, a T-shirt colou, tanto nas costas quanto no peito do atleta (Fig. 4.5a a Fig. 4.5c).

- Sudação

Na Figura 4.6 estão mostradas as áreas de maior sudação dos atletas.

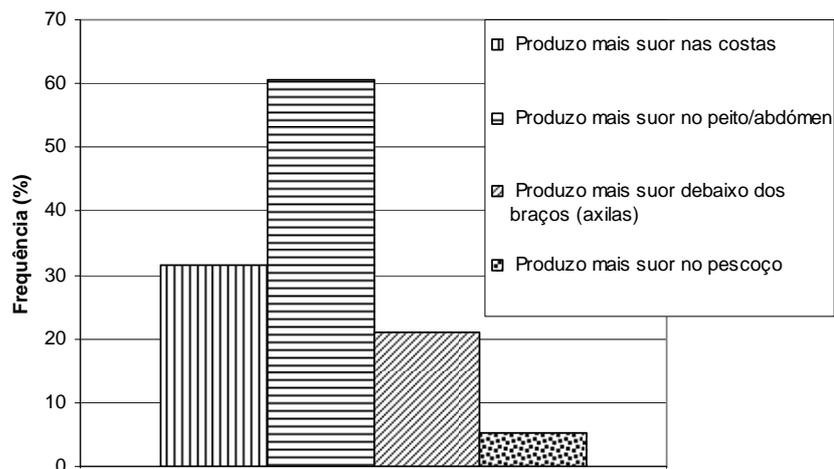


Fig. 4.6 – Zonas de maior produção de suor

Analisando as partes do corpo em que o atleta produz mais suor, verifica-se na Figura 4.6, que 61% dos atletas produzem mais suor no peito/abdómen, seguidamente nas costas (31,6%) e, por fim, nas axilas e no pescoço.

- Respirabilidade/Circulação do ar

A respirabilidade e a circulação do ar proporcionam a eliminação do suor, permitindo deste modo uma sensação de maior conforto ao utilizador da T-shirt. Caso o suor não seja eliminado, este vai fazer com que a T-shirt se cole ao peito e às costas. As Figuras 4.7a e 4.7b mostram como os atletas perceberam a T-shirt colar ao corpo.

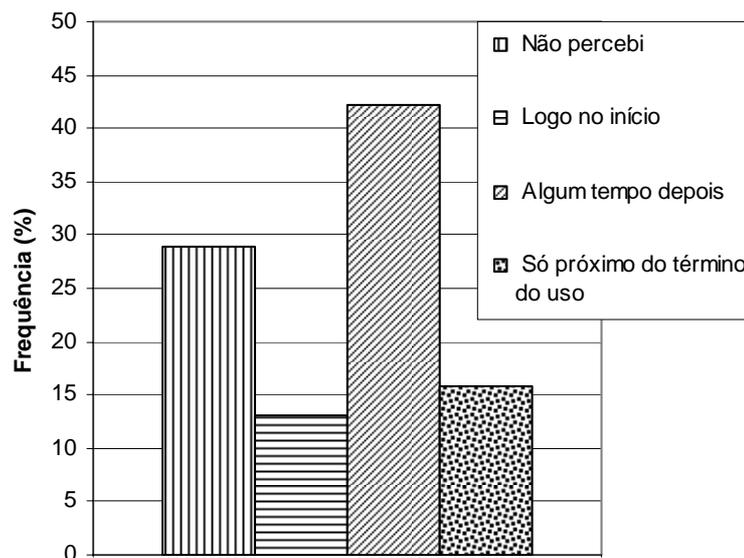


Fig. 4.7a – Percepção da T-shirt colar ao peito

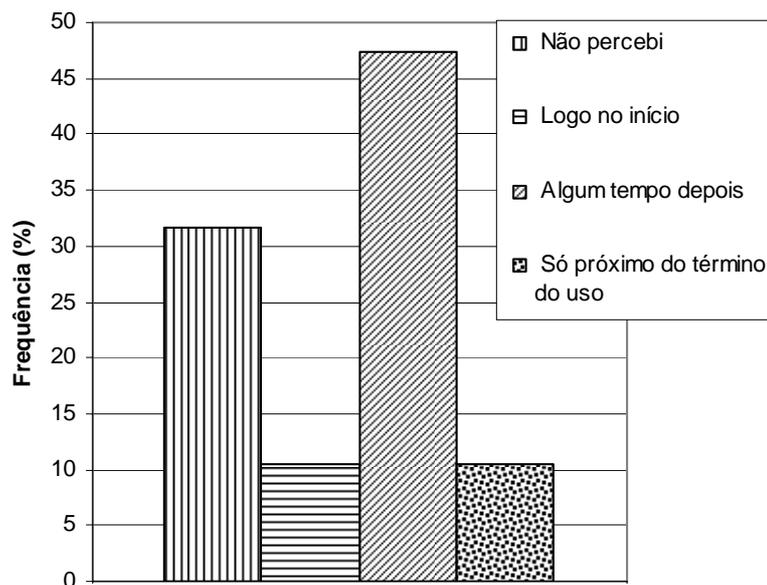


Fig. 4.7b – Percepção da T-shirt colar às costas

Em ambas as Figuras, verifica-se que mais de 40% dos atletas verificam que quando suam, a T-shirt cola ao corpo, quer no peito quer nas costas, sendo a maior incidência nas costas.

As Figuras 4.8a e 4.8b mostram a resposta dos atletas quanto às sensações de frio e de calor durante o uso da T-shirt.

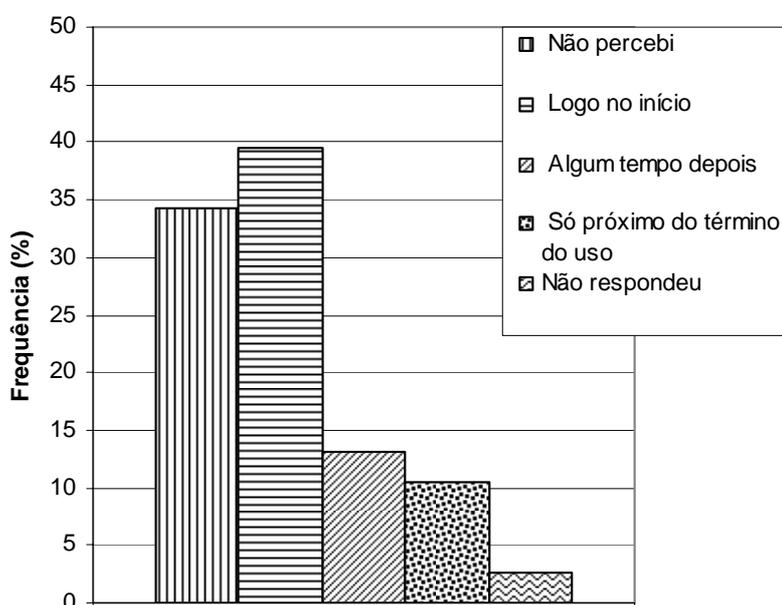


Fig. 4.8a – Percepção de frio

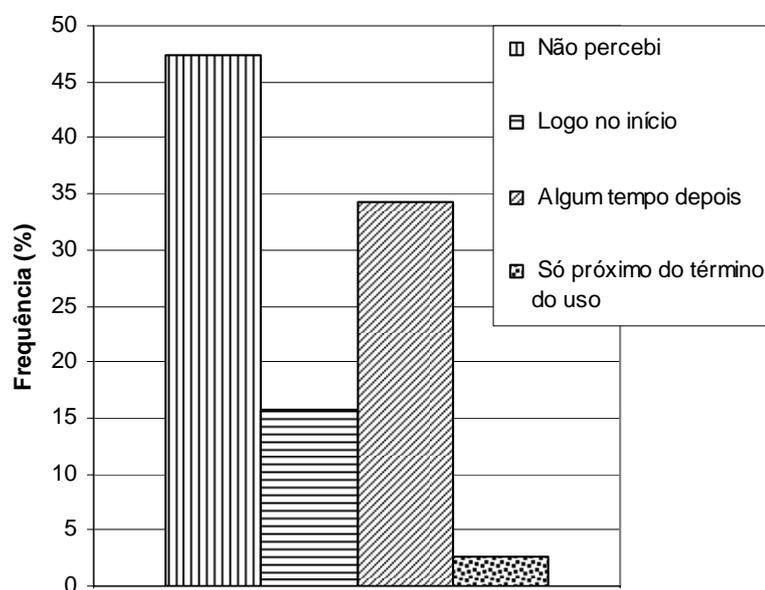


Fig. 4.8b – Percepção de calor

Na Figura 4.8a observa-se que 39,5% dos atletas perceberam sensação de frio logo no início e na Figura 4.8b, verifica-se que a sensação de calor só foi percebida algum

tempo depois, ou seja, após algum tempo de actividade física (47,4%). Contudo, é considerável o percentual de atletas que não percebeu sensação de frio (34,2%) nem de calor (28,9%).

- Resistência

A Figura 4.9 mostra os motivos de rasgo da T-shirt, quando esse episódio acontece.

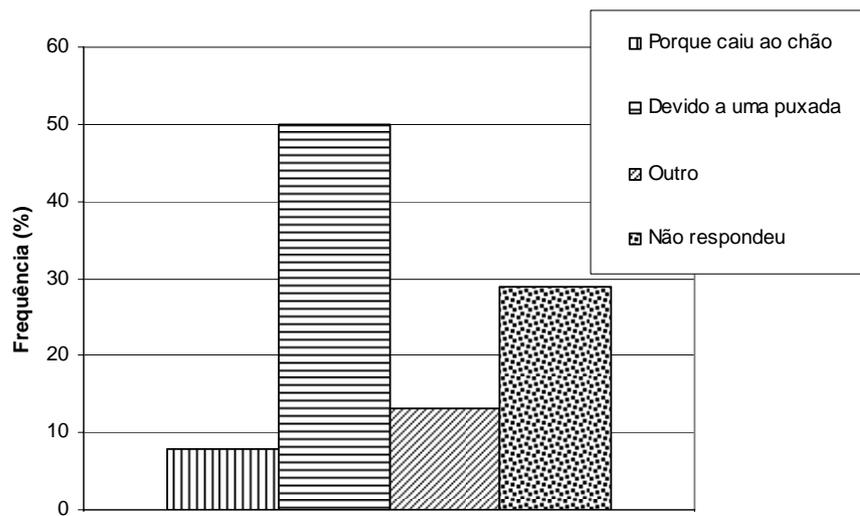


Fig. 4.9 – Razões do rasgo da T-shirt

Verifica-se que em 50% dos atletas a T-shirt rasgou devido a uma puxada do adversário (Figura 4.9). Contudo, neste aspecto deve-se ter em consideração que as ocorrências de rasgo de T-shirts não aconteceram na actividade durante a aplicação do inquérito.

- Secagem

A Figura 4.10 demonstra a sensação que os jogadores não perceberam quanto à evaporação do suor na T-shirt.

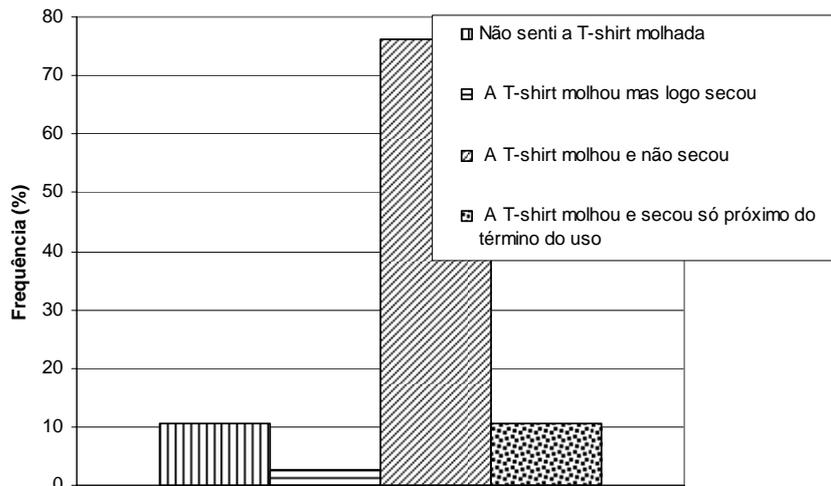


Fig. 4.10 – Sensação de secagem da T-shirt

Verifica-se na Figura 4.10 que 76,3% dos atletas perceberam que a T-shirt molhou mas não secou e apenas 10,5% perceberam que a mesma molhou e secou somente próximo do término do uso.

- Peso

Na Figura 4.11 pode verificar-se a sensação de peso da T-shirt, para os jogadores.

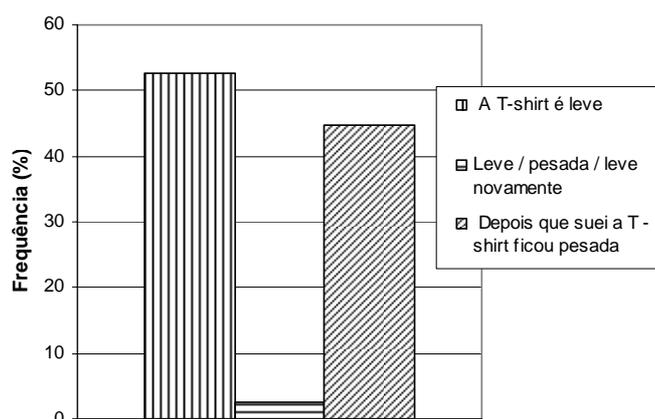


Fig. 4.11 – Sensação quanto ao peso da T-shirt

Analisando os resultados obtidos verifica-se que 45% dos atletas sentiram que depois de suarem, a T-shirt ficou pesada, entretanto, 52% dos atletas acharam-na leve durante todo o período de uso, como pode ser visto na Figura 4.11.

- Ergonomia

As Figuras 4.12a e 4.12b mostram os resultados obtidos na análise das áreas que incomodam os utilizadores da T-shirt em questão.

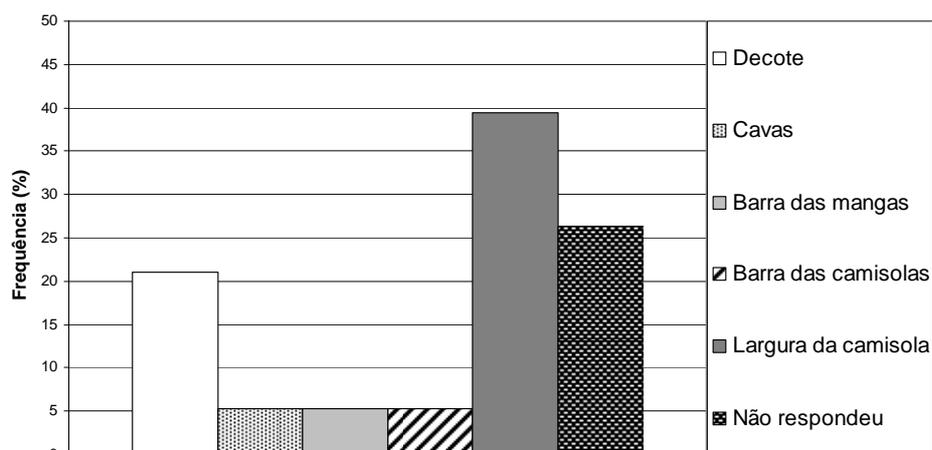


Fig. 4.12a – Partes da T-shirt que incomodam

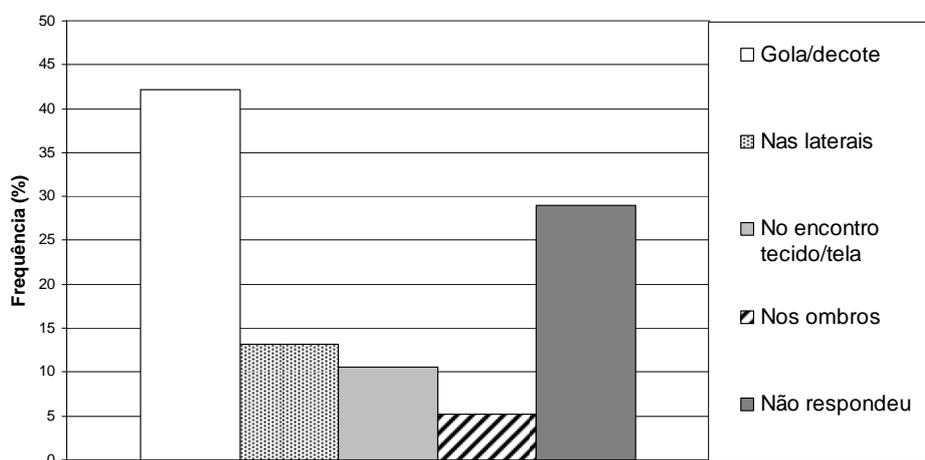


Fig. 4.12b – Costuras da T-shirt que incomodam

A Figura 4.12a mostra que 39,5% dos jogadores sentem que a largura lateral da T-shirt é a parte mais incómoda, sendo que as costuras da gola e do decote também incomodam bastante (42%) – Figura 4.12b.

- Cair

Na Figura 4.13 observa-se o que os jogadores responderam sobre a característica do cair da T-shirt.

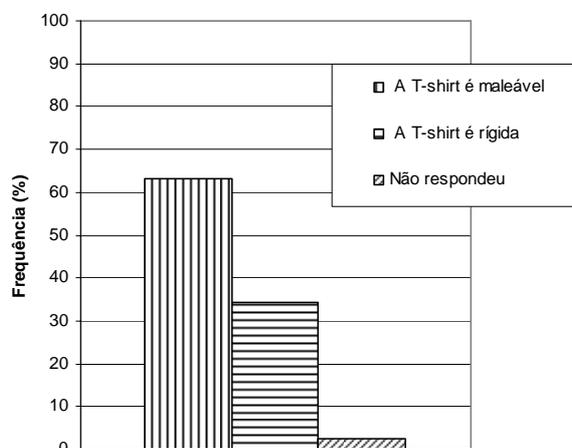


Fig. 4.13 – Sensação da T-shirt quanto à flexibilidade

Em termos do cair que a T-shirt apresenta, verifica-se que para 63% dos atletas, a T-shirt é considerada maleável, ou seja, flexível, apresentando um bom cair, conforme se verifica na Figura 4.13.

- Toque

A Figura 4.14 representa a sensação táctil dos jogadores, quanto à T-shirt.

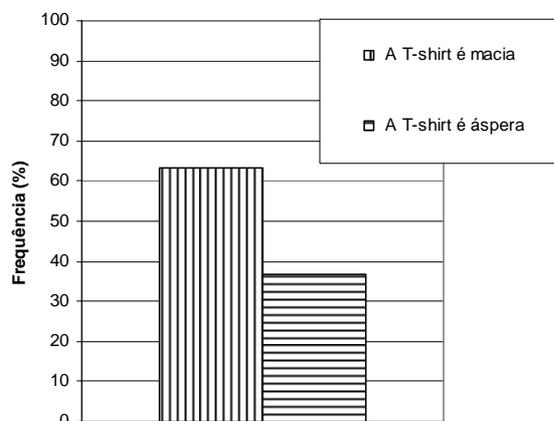


Fig. 4.14 – Sensação da T-shirt quanto ao toque

Para 63,2% dos jogadores, a T-shirt é considerada macia, mas 36,8% dos atletas consideram-na áspera.

- Design visual

Na Figura 4.15 é mostrado o nível de satisfação dos jogadores em relação ao design visual da T-shirt.

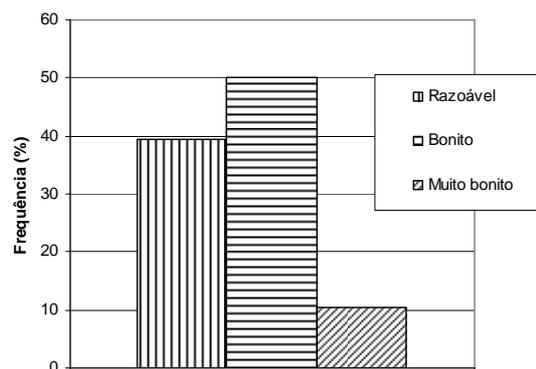


Fig. 4.15 – Design visual da T-shirt

Embora 50% dos atletas considerem o equipamento bonito (Figura 4.15), este parâmetro necessita de ser avaliado tendo em conta que 40% o consideram razoável e que esse aspecto é bastante importante, não apenas para os jogadores, como também para toda a legião de adeptos de cada equipa.

- Possibilidades de melhoria

Para se verificar a necessidade de melhoria, questionou-se se os jogadores acreditam que a T-shirt pode influenciar o desempenho do atleta. O resultado é apresentado na Figura 4.16.

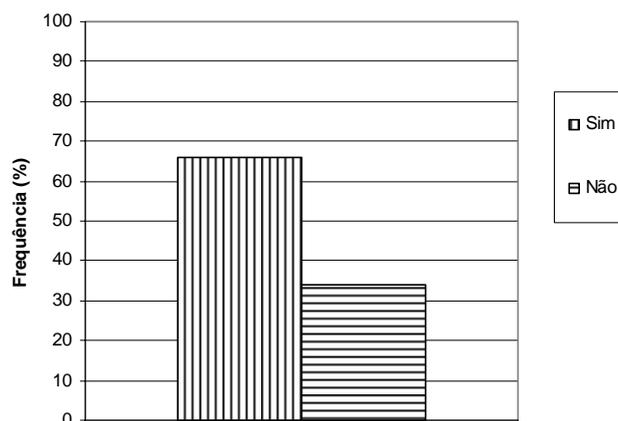


Fig. 4.16 – Influência da T-shirt no desempenho do atleta

Verifica-se que 68% dos atletas acreditam que o equipamento influencia o seu desempenho em campo (Figura 4.16)

Quando se focaliza na satisfação dos atletas perante as actuais T-shirts e se descreve a possibilidade de melhoria das mesmas, verifica-se que 60,5% dos atletas – Figura 4.17 – consideram que as T-shirts satisfazem apenas medianamente, sendo que 42% deles acreditam que as T-shirts podem ser melhoradas, conforme a Figura 4.18.

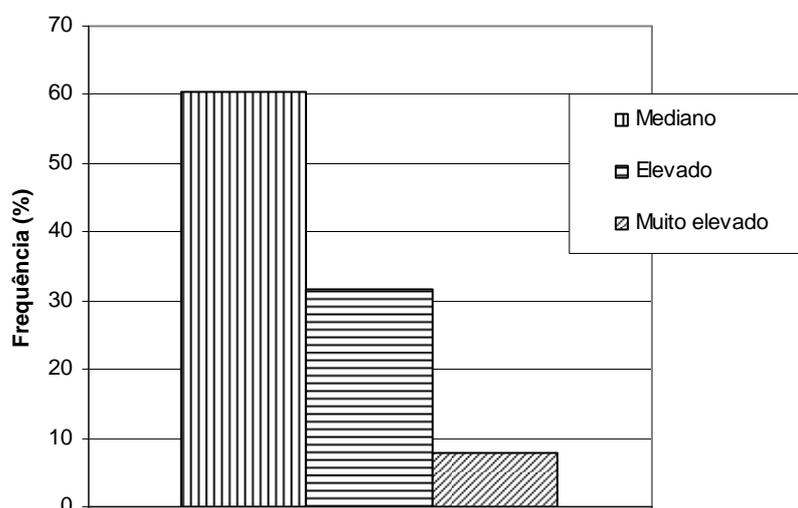


Fig. 4.17 – Satisfação geral dos atletas perante as T-shirts

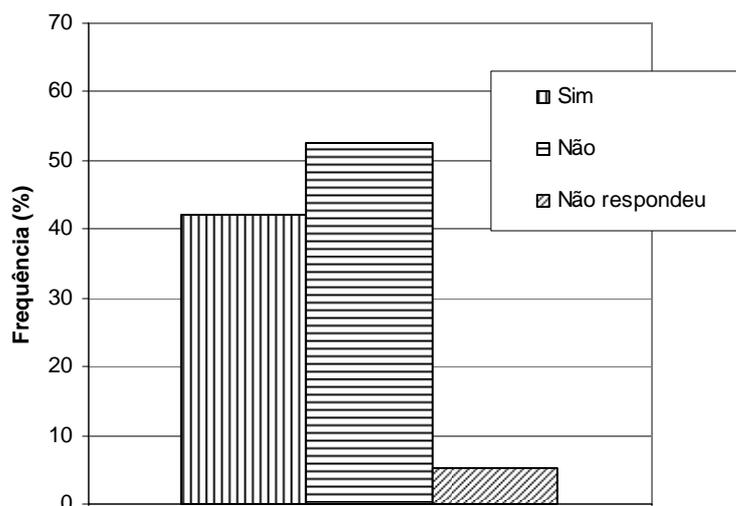


Fig. 4.18 – Possibilidade de melhoria das T-shirts

Tendo em conta as possibilidades de melhoria, algumas sugestões foram fornecidas pelos atletas, tal como consta na Figura 4.19.

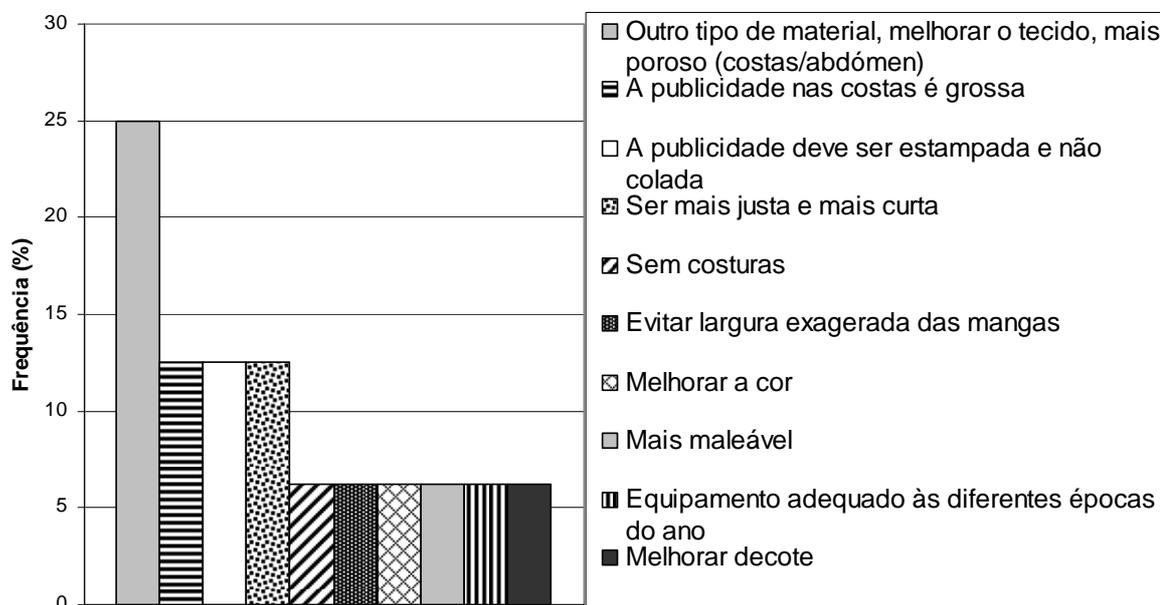


Fig. 4.19 – Sugestões de melhorias das T-shirts

De entre as sugestões apontadas realça-se a necessidade de um material que seja mais poroso e tenha melhor controlo de humidade, que não ocasione os incómodos provocados pela publicidade nas T-shirts e que estas sejam mais justas e curtas.

4.5 CONCLUSÕES

Tendo em contra os resultados obtidos nos inquéritos, o desenvolvimento da nova T-shirt, objectivo desse estudo, deve basear-se nas referidas necessidades:

- Maior leveza;
- Regulação constante e contínua da humidade;
- Regulação da temperatura para incremento do conforto;
- Adaptação ao corpo;
- Diminuição do incómodo das costuras;
- Diminuição do desconforto provocado pela inclusão da publicidade;
- Melhoria do design visual.

Assim, a nova T-shirt deverá contemplar o uso de material avançado que possa satisfazer, sobretudo, a necessidade de gestão da humidade, mas também, garantir que a estrutura a utilizar potencie esse facto. Por outro lado é importante notar que ao nível da selecção de tecnologia para a produção da T-shirt se deverá seleccionar tecnologia sem costura que proporcione simultaneamente o ajustamento da T-shirt ao corpo do atleta, com um design arrojado. Estas considerações apontam para o uso da tecnologia *seamless*, utilizando fibras e estruturas avançadas.

Será importante estudar, no entanto, a integração, composição e desempenho das fibras funcionais e da estrutura quanto aos diversos aspectos da T-shirt ensaiada.

CAPÍTULO 5

Análise do desempenho de malhas produzidas com fibras funcionais

Tenui filo magnum textur opus

"De um simples fio, nasceu uma obra de arte" (autor desconhecido)

O conhecimento detalhado das propriedades do material têxtil oferece informações relativamente ao seu comportamento potencial e permite definir parâmetros para as suas finalidades e aplicações. Auxilia, ainda, nos processos de fabrico, no estabelecimento de previsões precisas de engenharia e a assegurar as suas funcionalidades, para além de favorecer a sua aparência.

Nesta fase do trabalho foi realizado um estudo sobre o comportamento de malhas produzidas com fibras com as funcionalidades necessárias ao desempenho de T-shirts para jogadores de futebol. Para o desenvolvimento das malhas funcionais, utilizou-se uma fibra de base combinada, em várias percentagens, com fibras funcionais. As fibras de base seleccionadas foram o poliéster (PES) e o polipropileno (PP).

As funcionalidades requeridas para aplicação no vestuário desportivo, especificamente no objecto de estudo deste trabalho, referem-se à gestão e controlo da humidade, regulação térmica e bioactividade. Assim, as fibras de base foram misturadas com fibras funcionais para garantirem estas funcionalidades, nomeadamente PBT (polibutileno tereftalato), poliamida Aquator, viscose Outlast, poliéster Dry release e poliéster Bioactive.

Produziram-se malhas jersey a partir da combinação dos fios de base contendo as fibras funcionais, em várias percentagens, no sentido de avaliar a influência das misturas nas propriedades das malhas. Os ensaios realizados sobre estas malhas incluem transporte de humidade no sentido das colunas e das fileiras, libertação da humidade, permeabilidades ao ar e ao vapor de água, propriedades térmicas, cair e rigidez à flexão.

Os resultados obtidos foram posteriormente tratados estatisticamente, no sentido de concluir acerca do assunto em questão.

5.1 MATERIAIS

5.1.1 Fibras e fios

Nesta fase foram seleccionados os materiais a utilizar nos ensaios. Para o desenvolvimento das malhas funcionais, as duas fibras base escolhidas foram o poliéster (PES) e o polipropileno (PP).

O Poliéster é uma fibra com excelentes propriedades de fixação de cores e pigmentos, para além de ser uma fibra brilhante. Tem recebido muitos tratamentos no sentido de melhoria das suas propriedades para as mais diversas finalidades de uso, tanto ao nível químico como físico. Alterações na forma da secção transversal e na redução do seu diâmetro são alguns exemplos.

O Polipropileno é igualmente uma fibra termoplástica que tem sido largamente utilizada no vestuário desportivo, não absorve humidade, é anti-mofo e resistente à acção de bactérias, entre outras características.

O critério de escolha destas duas fibras foi baseado no facto de serem as mais comumente utilizadas neste tipo de aplicação, como também, devido ao facto de serem

fibras com excelente grau de fixação de pigmentos. Este facto é importante para o aspecto visual da peça uma vez que o nome e o número do atleta e a identificação do clube e do (s) patrocinador (es) estarão estampados, requerendo solidez, brilho e reflexo das cores.

O Quadro 5.1 apresenta as características das fibras utilizadas.

Quadro 5.1 – Características das fibras utilizadas				
Material de base	Densidade (g/cm³)	Comprimento (mm)	Nome comercial	Funcionalidade
Poliéster (100%)	1,38	Filamento contínuo	Trevira Poliéster (PES)	Fio de base
Polipropileno (100%)	0,91	Filamento contínuo	Polipropileno (PP)	Fio de base
Polibutileno tereftalato (100%)	1,31	Filamento contínuo	PBT	Elasticidade
Poliamida (100%)	1,14	Filamento contínuo	Aquator (AQT)	Controlo da humidade
Poliéster (100%)	1,38	36,6	Trevira Bioactive (BA)	Bioactividade
Viscose (100%)	1,52	34,8	Outlast (OUT)	Regulação térmica
Poliéster (85%) Algodão (15%)	1,38	36,4	Dry release (DR)	Controlo da humidade e secagem rápida.

As secções transversal e longitudinal das fibras utilizadas apresentam-se nas Figuras 5.1a e 5.1b, obtidas através de microfotografia electrónica. A secção transversal das fibras PBT, PES e PP é de forma hexagonal, o AQT apresenta clara definição de forma trilobal, o BA e o DR secção circular, enquanto o OUT apresenta secção transversal irregular (trata-se de uma fibra de viscose), formato típico deste tipo de fibra (Figura 5.1a).

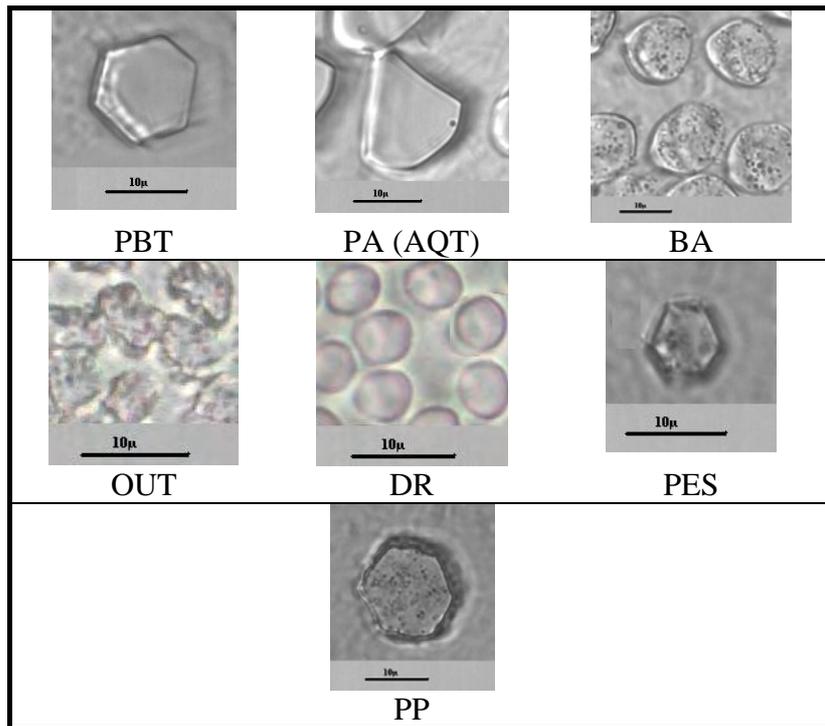


Fig. 5.1a – Imagens microscópicas da secção transversal das fibras utilizadas

Em vista longitudinal, as fibras de PBT, AQT, BA, DR e PP apresentam algo semelhante a um canal ou diferentes camadas da fibra. As fibras de OUT e PES apresentam uma vista longitudinal diferenciada, com ranhuras, em comparação com as fibras convencionais de viscose e PES (Figura 5.1b).

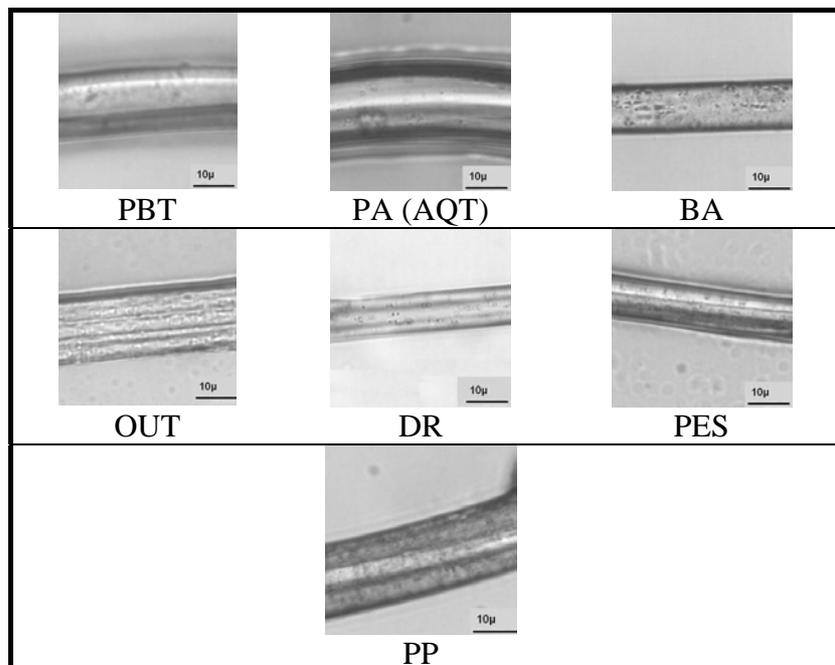


Fig. 5.1b – Imagens microscópicas da vista longitudinal das fibras utilizadas

O Quadro 5.2 apresenta as características dos fios utilizados nesta parte experimental do trabalho, produzidos a partir do conjunto de fibras apresentado anteriormente.

Quadro 5.2 – Fios utilizados no trabalho experimental						
Composição do fio	Massa linear (tex)	Nº de filamentos	Nº de cabos	Tipo	Frisado (%)	Torção
Poliéster (PES) (100%)	7,8	72	1	Texturizado	3.15	S
Polipropileno (PP) (100%)	7,8	40	1	Texturizado	2.13	S
Polibutileno tereftalato (PBT) (100%)	7,8	32	1	Texturizado	5.05	S
Poliamida (AQT) (100%)	7,8	46	2	Texturizado	34.92	<i>Intermingled</i>
Poliéster (BA) (100%)	29,5	–	1	Fiado	–	Z
Viscose (OUT) (100%)	19,6	–	1	Fiado	–	Z
Poliéster (85%) Algodão (15%) (DR)	9,8	–	1	Fiado	–	Z

5.1.2 Malhas

Os fios apresentados anteriormente foram combinados no sentido de produzir malhas jersey num tear rectilíneo electrónico Stoll CMS 320TC, jogo 10. Foram definidos grupos de malhas a partir da combinação do fio base com os fios funcionais.

Assim, determinou-se a percentagem de cada fio funcional nas diferentes combinações nos níveis de 17%, 34%, 50%, 66% e 83% nas misturas, completando os 100% com o fio base (PES ou PP). Neste sentido, pretende-se verificar a influência do incremento de cada fibra funcional nas propriedades analisadas.

Os Quadros 5.3 e 5.4 mostram as características das malhas obtidas, produzidas através da combinação das fibras funcionais, tendo como base as fibras de poliéster e polipropileno, respectivamente, mantendo constantes todos os parâmetros de ajustamento do equipamento de produção.

Quadro 5.3 – Especificações das malhas produzidas com PES

Combinações	Composição (%)	Espessura (mm)	Massa (g/m ²)	Grau de aperto (k)	Nº colunas / cm	Nº fileiras / cm	Comp.de laçada (cm)
Poliéster / PBT	83%/17% PES/PBT	1.65	296.49	15.99	8	16	0,4276
	66%/34% PES/PBT	1.58	308.40	15.93	10	14	0,4292
	50%/50% PES/PBT	1.57	321.03	15.93	9	16	0,4294
	34%/66% PES/PBT	1.60	339.23	16.26	9	16	0,4206
	17%/83% PES/PBT	1.61	343.84	16.08	9	17	0,4254
Poliéster / Aquator	83%/17% PES/AQT	1.72	319.25	15.49	8	15	0,4388
	66%/34% PES/AQT	1.82	353.40	15.31	8	15	0,4468
	50%/50% PES/AQT	1.97	360.43	14.89	7	14	0,4592
	34%/66% PES/AQT	2.06	414.23	14.62	8	13	0,4678
Poliéster / Bioactive	66%/34% PES/BA	1.87	384.02	15.96	7	14	0,5762
	50%/50% PES/BA	2.29	319.48	15.34	8	12	0,5098
	17%/83% PES/BA	3.13	359.01	15.83	7	11	0,5490
Poliéster / Outlast	66%/34% PES/OUT	1.98	345.88	16.37	7	11	0,5618
	50%/50% PES/OUT	1.78	271.25	15.59	8	13	0,5016
	17%/83% PES/OUT	1.54	266.52	15.53	7	11	0,5598
Poliéster / Dry release	66%/34% PES/DR	1.56	328.94	15.26	7	11	0,5032
	50%/50% PES/DR	1.42	249.69	14.95	8	13	0,4404
	34%/66% PES/DR	2.38	309.27	15.46	7	12	0,5144
	17%/83% PES/DR	2.32	229.57	15.38	9	13	0,4493

Quadro 5.4 – Especificações das malhas produzidas com PP

Combinações	Composição (%)	Espessura (mm)	Massa (g/m ²)	Grau de aperto (k)	Colunas / cm	Fileiras / cm	Lu (cm)
Polipropileno / PBT	83%/17% PP/PBT	1,79	274.08	14,5	8	15	0,4716
	66%/34% PP/PBT	2,19	300.01	14,73	8	15	0,4642
	50%/50% PP/PBT	2,21	321.95	15,4	7	13	0,4440
	34%/66% PP/PBT	1,78	334.57	16,04	9	16	0,4264
	17%/83% PP/PBT	2,23	376.35	15,44	9	17	0,4428
Polipropileno / Aquator	83%/17% PP/AQT	1,73	318.05	14,74	8	15	0,4640
	66%/34% PP/AQT	1,89	375.02	14,85	8	14	0,4604
	50%/50% PP/AQT	1,87	426.48	14,65	9	15	0,4668
	34%/66% PP/AQT	1,83	457.47	14,46	8	14	0,4728
Polipropileno / Bioactive	66%/34% PP/BA	2,39	309.55	14,61	7	10	0,5354
	50%/50% PP/BA	2,39	316.29	14,86	7	12	0,6006
	17%/83% PP/BA	2,81	364,31	15,08	8	10	0,5764
Polipropileno / Outlast	66%/34% PP/OUT	2,13	356.09	15,65	7	11	0,5874
	50%/50% PP/OUT	1,96	279,26	15,75	8	13	0,4964
	17%/83% PP/OUT	2,04	282.73	15,47	7	11	0,5618
Polipropileno / Dry release	66%/34% PP/DR	2,26	298.28	15,19	8	13	0,5056
	50%/50% PP/DR	1,88	244.72	15,07	9	14	0,4370
	34%/66% PP/DR	2,24	309,29	15,55	8	13	0,5088
	17%/83% PP/DR	2,13	255.77	15.00	9	14	0,4612

5.2 ENSAIOS REALIZADOS

Os ensaios realizados sobre as malhas produzidas foram os seguintes:

a) Propriedades de regulação da humidade:

- capilaridade nos sentidos vertical e horizontal – procedimento interno;
- absorção da humidade – NP EN 1609;
- perda de humidade, à temperatura ambiente (20°C) e à temperatura da pele (35°C) – procedimento interno;

b) Permeabilidade:

- permeabilidade ao vapor de água – BS 7209: 1990
- permeabilidade ao ar – ISO 9237: 1995(E)

c) Propriedades térmicas:

- isolamento térmico – BS 4745: 1971;

d) Propriedades físicas:

- cair – AFNOR – G07 – 109;
- rigidez à flexão – BS 3356: 1961.

5.3 RESULTADOS OBTIDOS

5.3.1 Combinações com Poliéster (PES)

5.3.1.1 Propriedades de regulação da humidade

A – Capilaridade horizontal e vertical

- Combinações PES/PBT

O comportamento das malhas produzidas com PES e PBT nas diversas percentagens, em termos de capilaridade nos sentidos horizontal e vertical (nas direcções das fileiras e das colunas, respectivamente), é apresentado nas Figuras 5.2 e 5.3a e 5.3b, respectivamente.

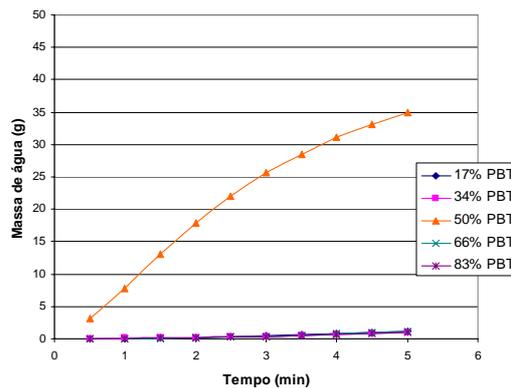


Fig. 5.2 – Capilaridade horizontal PES/PBT

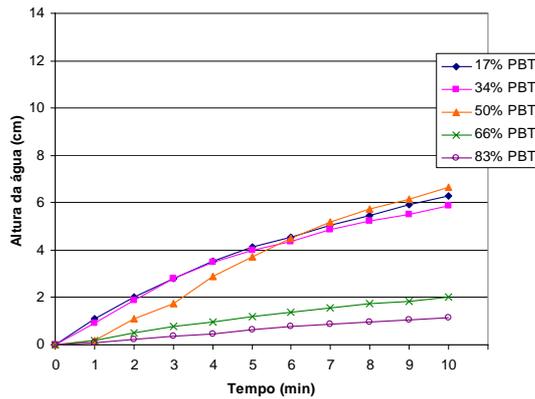


Fig. 5.3a – Capilaridade vertical Colunas – PES/PBT

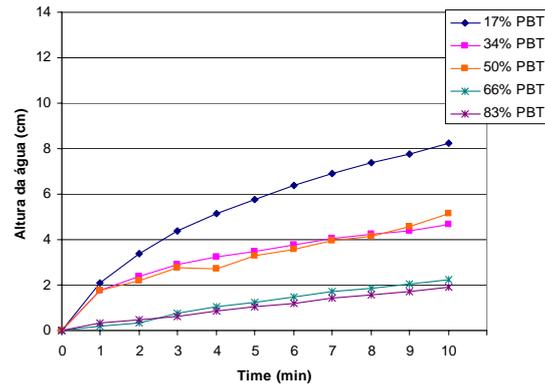


Fig. 5.3b – Capilaridade vertical Fileiras – PES/PBT

São observados diferentes comportamentos quanto ao transporte da humidade, tanto no sentido horizontal como no vertical. No sentido horizontal, os resultados obtidos mostram que apenas as malhas com 50% de PBT têm comportamento significativo no transporte da humidade; para as outras composições foi observado desempenho nulo (Figura 5.2).

Para a capilaridade no sentido vertical, na direcção das colunas, os resultados mostram que as malhas nas combinações PES/PBT apresentam diferentes comportamentos (Figura 5.3a). As misturas com menores níveis (17%, 34% e 50%) apresentam comportamento similar e melhores do que os de maior percentagem (66% e 83%). Percebe-se assim, que, quando a percentagem de PBT é aumentada, o desempenho na direcção das colunas é diminuído. Nesta situação as fibras de poliéster são importantes para aumentar o desempenho da mistura.

Na direcção das fileiras verifica-se que a capilaridade é inversamente proporcional à quantidade de PBT na mistura, ou seja, quanto maior a quantidade de PBT nas misturas, menor é a capilaridade (Fig. 5.3b).

- Combinações PES/AQT

As Figuras 5.4 e 5.5 (a e b) apresentam o comportamento das combinações PES/AQT nos ensaios de transporte da humidade.

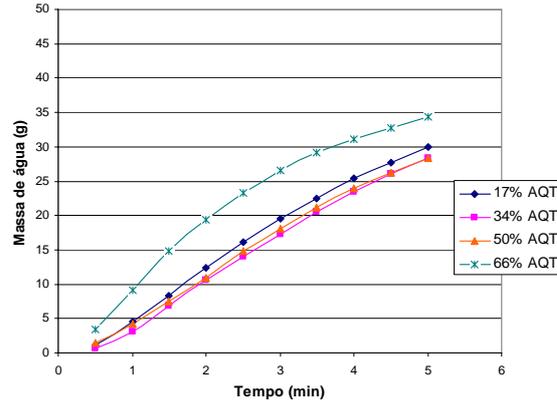


Fig. 5.4 – Capilaridade horizontal PES/AQT

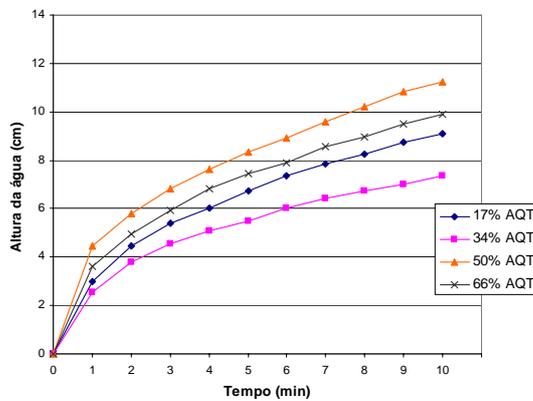


Fig. 5.5a – Capilaridade vertical Colunas – PES/AQT

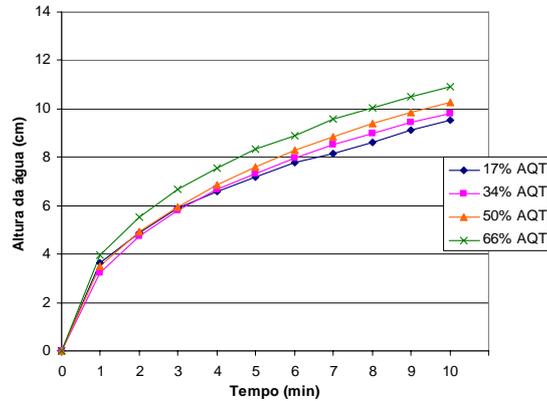


Fig. 5.5b – Capilaridade vertical Fileiras – PES/AQT

Analisando as curvas da Figura 5.4, da capilaridade horizontal, é possível visualizar uma elevada taxa de transporte da humidade para todo o conjunto de amostras ensaiadas apresentando resultados muito semelhantes, à excepção da amostra AQT66%, que apresenta um melhor comportamento.

Em relação à capilaridade vertical, as Figuras 5.5 mostram os resultados obtidos nos sentidos das colunas e das fileiras. No sentido das colunas não é possível identificar uma relação directa entre a quantidade de AQT nas malhas e o comportamento observado; no sentido das fileiras verifica-se uma ligeira tendência de aumento da capilaridade com o aumento de AQT.

Tal como o PBT, o AQT é uma fibra termoplástica. A sua secção transversal trilobal é um factor que deve favorecer o movimento capilar, fazendo com que seu desempenho seja melhor do que o do PBT.

- Combinações PES/BA

As Figuras 5.6, 5.7a e 5.7b mostram os resultados obtidos para a capilaridade vertical e horizontal das combinações com PES e BA.

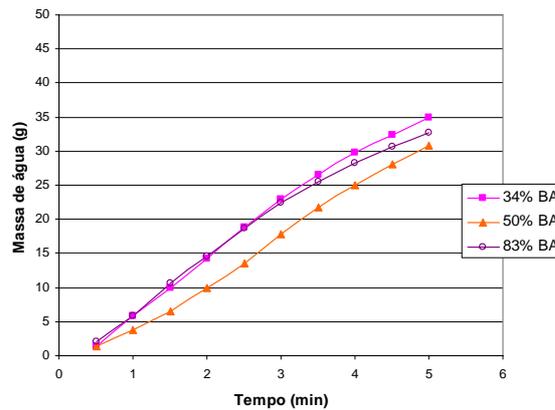


Fig. 5.6 – Capilaridade horizontal PES/BA

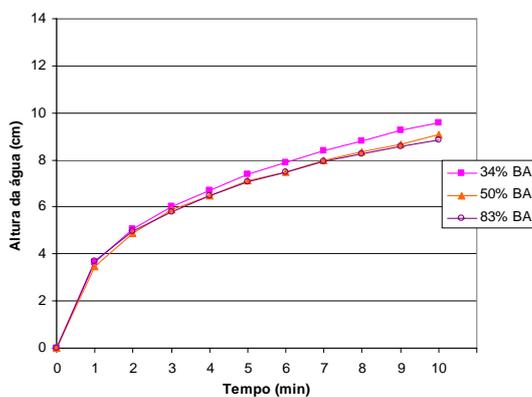


Fig. 5.7a – Capilaridade vertical Colunas – PES/BA

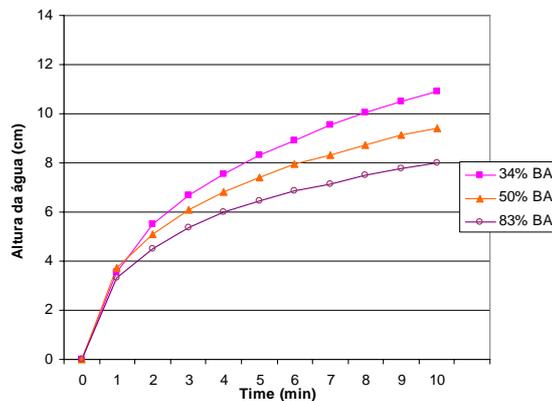


Fig. 5.7b – Capilaridade vertical Fileiras – PES/BA

Analisando os resultados obtidos, é possível verificar a existência de uma nítida diferença no comportamento das misturas com PES e BA na capilaridade horizontal e na vertical. Enquanto no sentido horizontal a capilaridade ocorre a uma taxa crescente elevada, no sentido vertical acontece mais lentamente. Na capilaridade horizontal verifica-se que o

nível de percentagem de BA não afecta directamente o desempenho, pois percebe-se uma proximidade elevada nas curvas obtidas (Figura 5.6).

No sentido vertical, na direcção das colunas, pode afirmar-se que o comportamento é semelhante em todas as combinações de PES/BA (Figura 5.7a). Na Figura 5.7b percebe-se clara tendência de melhoria de desempenho à medida que se reduz a percentagem de BA. Analisando as curvas na Figura 5.7b, observa-se que no primeiro minuto todo o conjunto de amostras apresenta a mesma quantidade de água transportada. No entanto, ao fim de dez minutos, os resultados apresentam diferenças significativas.

Convém salientar que o BA é uma fibra 100%PES com tratamento bioactivo, não tendo nenhum tratamento para hidroafinidade, para além de que a sua secção transversal circular não representa influência significativa no movimento capilar.

- Combinações PES/OUT

As Figuras 5.8 e 5.9 (a e b) mostram o comportamento das misturas PES/OUT em termos de capilaridade nos sentidos horizontal e vertical, respectivamente.

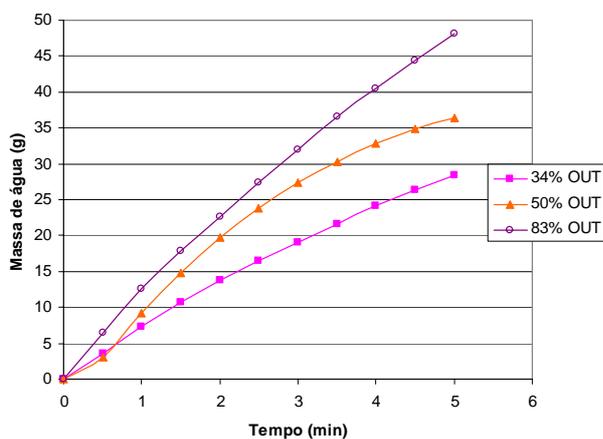


Fig. 5.8 – Capilaridade horizontal PES/OUT

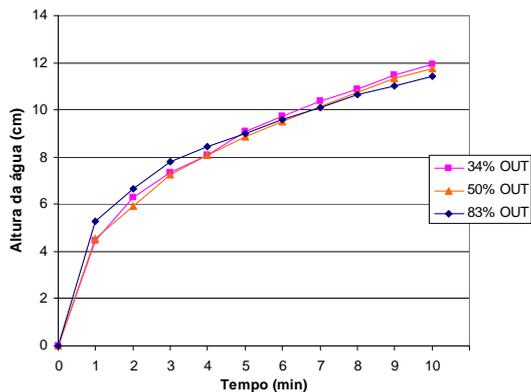


Fig. 5.9a – Capilaridade vertical Colunas - PES/OUT

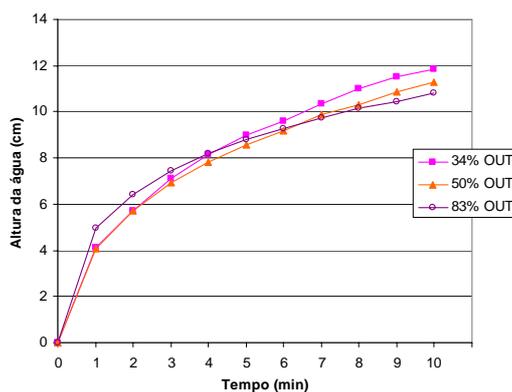


Fig. 5.9b – Capilaridade vertical Fileiras - PES/OUT

Verifica-se que na capilaridade horizontal, à medida que se aumenta a quantidade de OUT nas misturas, melhora o desempenho na capilaridade, (Figura 5.8).

Analisando as curvas da capilaridade vertical em todo o conjunto de malhas – tanto na direcção das fileiras como na direcção das colunas – verifica-se que o comportamento das diferentes composições é semelhante, independentemente da percentagem de OUT.

Embora o fio de OUT seja de base 100% viscosa, onde os grupos hidroxilos têm grande afinidade para com as moléculas de água, apenas no sentido horizontal é verificado comportamento decorrente desse facto. No sentido vertical não se observa nenhuma consequência em virtude da hidroafinidade.

- Combinações PES/DR

As Figuras 5.10, 5.11a e 5.11b ilustram o comportamento das combinações PES/DR, relativamente à capilaridade vertical e horizontal.

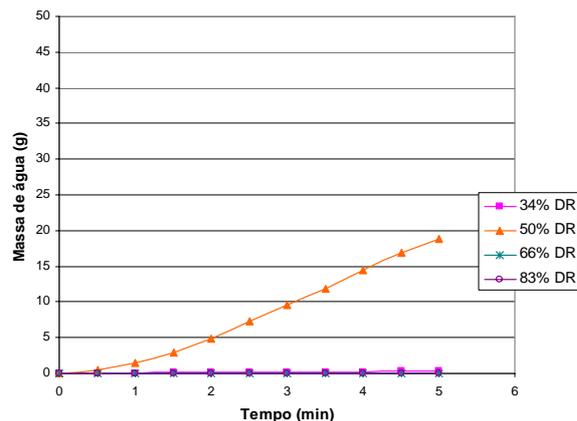


Fig. 5.10 – Capilaridade horizontal PES/DR

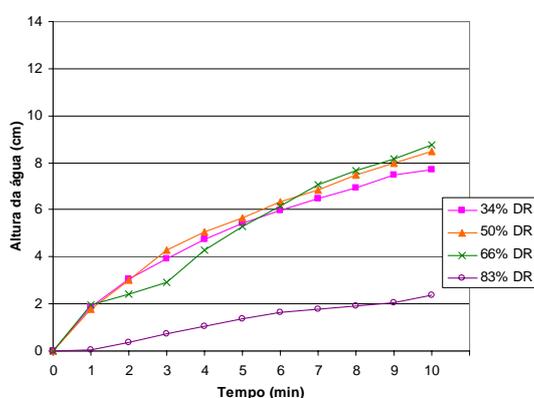


Fig. 5.11a – Capilaridade vertical Colunas – PES/DR

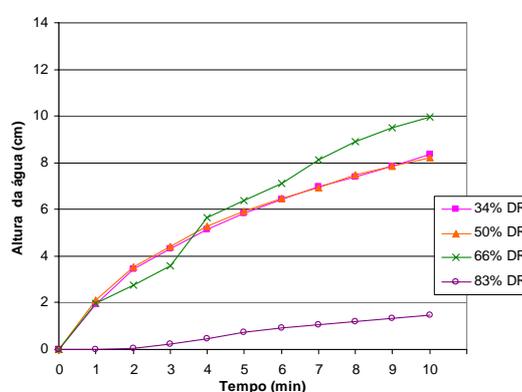


Fig. 5.11b – Capilaridade vertical Fileiras – PES/DR

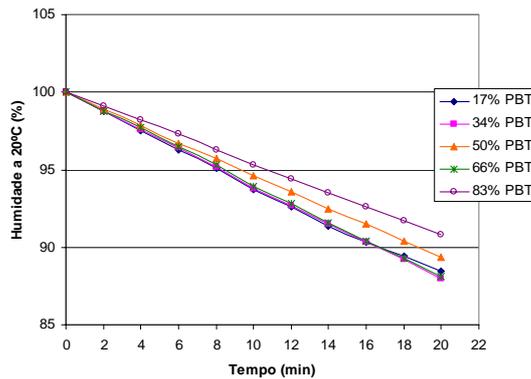
O comportamento das malhas com as misturas PES/DR é nitidamente diferente na capilaridade horizontal e vertical.

Na capilaridade horizontal (Figura 5.10), apenas a combinação com 50%DR demonstra movimento capilar. As demais composições têm comportamento totalmente nulo. Já no sentido vertical, as misturas com 34%, 50% e 66% apresentam comportamentos muito similares, embora se perceba uma pequena variação na combinação com 66%DR a partir do quarto minuto. A malha com 83%DR é a que apresenta o pior comportamento.

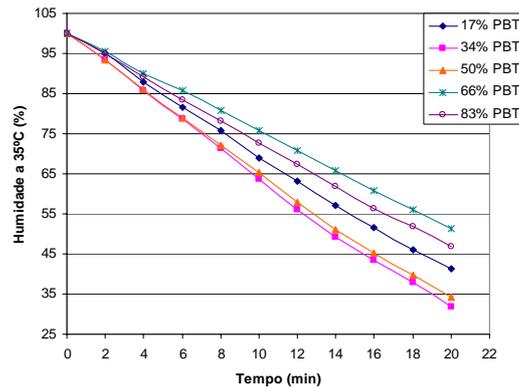
B – Perda de humidade

- Combinações PES/PBT

As Figuras 5.12a e 5.12b ilustram o comportamento de perda de humidade das amostras produzidas com PES/PBT, nas temperaturas de 20°C e 35°C.



**Fig. 5.12a – Perda de humidade a 20°C
PES/PBT**



**Fig. 5.12b – Perda de humidade a 35°C
PES/PBT**

À temperatura de 20°C pode verificar-se que o comportamento de perda de humidade nas amostras com 17%, 34% e 66% de PBT, não apresenta diferenças significativas (Figura 5.12a).

O pior desempenho é apresentado pela amostra contendo 83% PBT, seguida da que contém 50% de PBT.

Analisando as curvas da Figura 5.12b, que correspondem aos ensaios realizados a 35°C, verifica-se que a menores percentagens de PBT nas combinações corresponde maior perda de humidade.

De um modo geral, verifica-se que a adição de PBT não origina nenhuma tendência significativa nos resultados de perda de humidade nas amostras ensaiadas.

- Combinações PES/AQT

As Figuras 5.13a e 5.13b mostram os resultados obtidos para a perda de humidade das misturas PES/AQT às temperaturas de 20°C e 35°C, respectivamente.

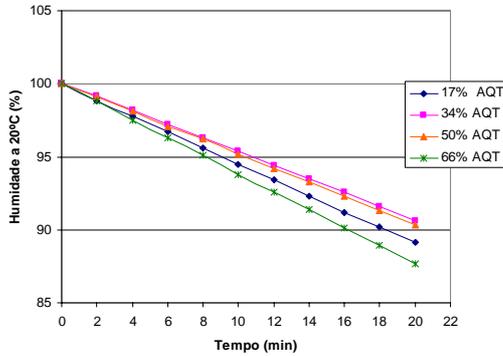


Fig. 5.13a – Perda de humidade a 20°C PES/AQT

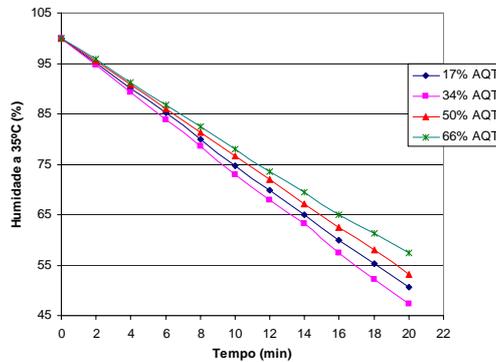


Fig. 5.13b – Perda de humidade a 35°C PES/AQT

É possível verificar pequenas diferenças no comportamento das misturas nas duas temperaturas. À temperatura de 20°C, o melhor desempenho é apresentado pela mistura 66% AQT, considerando que no final do tempo do ensaio foi a que permaneceu com menor nível de humidade, enquanto os percentuais de 34% e 50% apresentam comportamento semelhante entre si (Figura 5.13a).

À temperatura de 35°C, a combinação com 34% de AQT apresenta melhor desempenho, seguida da com 17%, tal como se pode verificar na Figura 5.13b. Contrariamente ao comportamento verificado a 20°C, a combinação com 66% de AQT foi a que reteve mais humidade ao longo do tempo.

Percebe-se que, às duas temperaturas analisadas, a tendência inicial do comportamento de cada combinação continua constante por todo o período do ensaio, não existindo uma influência directa do aumento do AQT sobre a perda de humidade.

- Combinações PES/BA

As Figuras 5.14a e 5.14b apresentam a perda de humidade das malhas com misturas PES/BA.

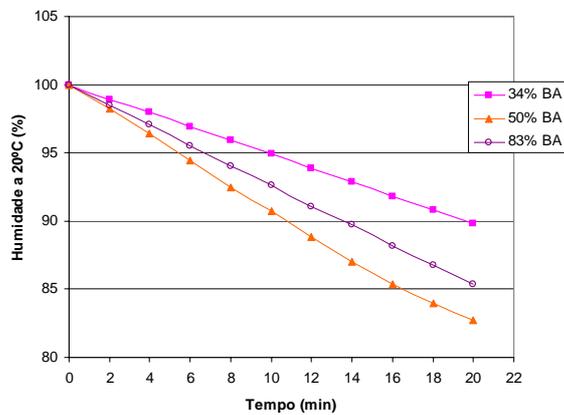


Fig. 5.14a – Perda de humidade a 20°C PES/BA

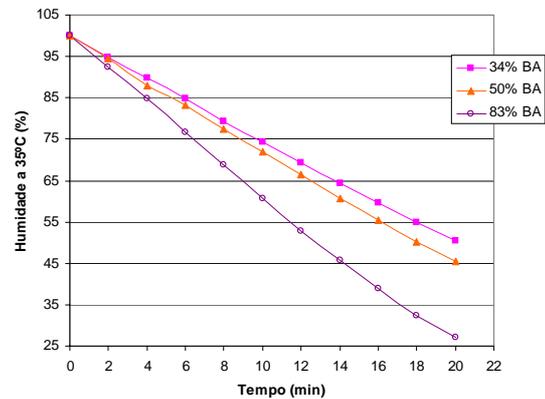


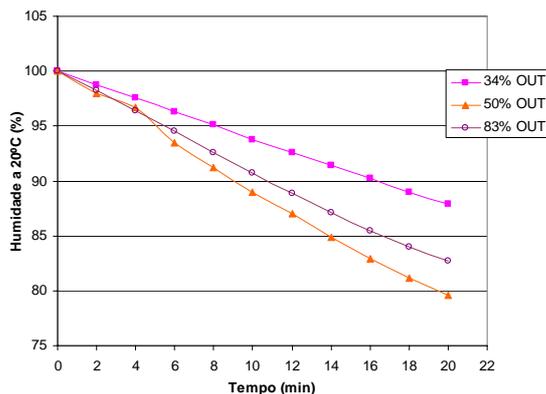
Fig. 5.14b – Perda de humidade a 35°C PES/BA

À temperatura de 20°C, a quantidade de BA nas composições não afecta directamente o comportamento quanto à perda de humidade.

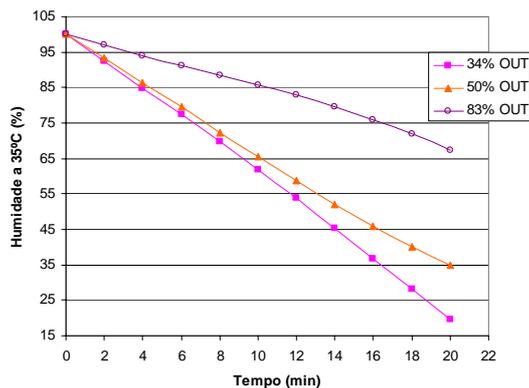
À temperatura de 35°C, verifica-se que quanto maior a quantidade de BA menor a retenção de humidade, muito embora as composições de 34% e 50% apresentem comportamentos muito próximos.

- Combinações PES/OUT

As Figuras 5.15a e 5.15b apresentam o comportamento de perda de humidade nas combinações de PES com OUT.



**Fig. 5.15a – Perda de humidade a 20°C
PES/OUT**



**Fig. 5.15b – Perda de humidade a 35°C
PES/OUT**

A perda de humidade à temperatura de 20°C é menor na combinação com 50% de OUT, enquanto o pior desempenho é observado para a combinação com 34%OUT, verificando-se, assim, que não existe nenhuma tendência bem definida sobre a influência da adição de OUT sobre a perda de humidade.

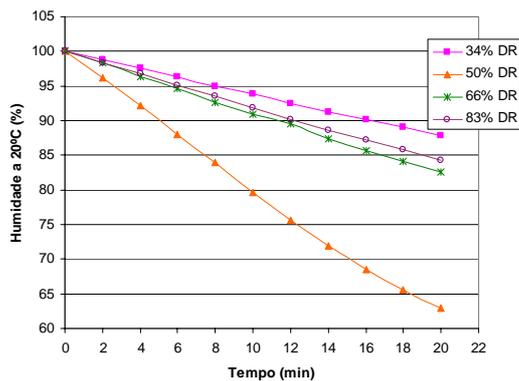
Por outro lado, à temperatura de 35°C, revela-se uma influência significativa do aumento de OUT na libertação da humidade. É evidente que à medida que a percentagem de OUT aumenta, diminui a perda de humidade.

Sabendo-se que OUT é uma fibra 100% viscosa, é de esperar uma influência directa na retenção/libertação da humidade.

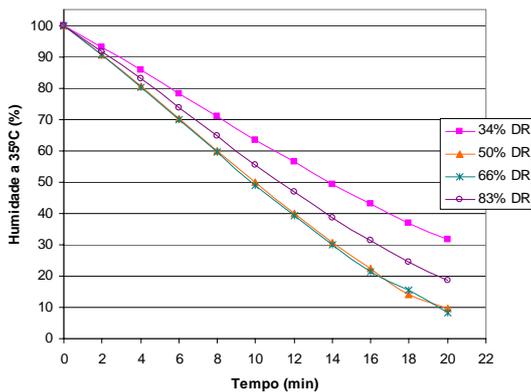
Verifica-se ainda que aos cinco minutos iniciais já é perceptível o comportamento final para cada combinação.

- Combinações PES/DR

As Figuras 5.16a e 5.16b apresentam a perda de humidade às temperaturas de 20°C e 35°C, respectivamente, das combinações PES/DR.



**Fig. 5.16a – Perda de humidade a 20°C
PES/DR**



**Fig. 5.16b – Perda de humidade a 35°C
PES/DR**

As Figuras 5.16a e 5.16b mostram que a perda de humidade é inferior na menor e na maior percentagem de DR (34% e 83%, respectivamente).

A 20°C, a combinação com 50%DR apresenta comportamento superior diante às demais, desde os minutos iniciais, enquanto as outras combinações demonstram comportamentos muito semelhantes.

À temperatura de 35°C verifica-se igual comportamento para as combinações 50% e 66%DR, sendo que o pior desempenho acontece para a combinação com 34%, como já referido anteriormente.

Era expectável melhor comportamento da fibra DR porque esta tem em média, 15% de algodão na sua composição, não apresentando, no entanto, comportamento relativo a esse facto. A estrutura da malha, espaços e interstícios nos fios podem ser factores que influenciem o desempenho observado.

5.3.1.2 Propriedades térmicas

A – Condutividade térmica

O Quadro 5.5 mostra os resultados obtidos para as propriedades térmicas das amostras investigadas.

Quadro 5.5 – Propriedades térmicas		
	Condutividade térmica (W/mK)	Resistência térmica (Km ² /W) *10 ⁻²
17%PBT	0,028	5,797
34%PBT	0,063	2,530
50%PBT	0,051	3,085
66%PBT	0,026	6,184
83%PBT	0,042	3,801
17%AQT	0,030	5,700
34%AQT	0,049	3,702
50%AQT	0,036	5,472
66%AQT	0,074	2,838
34%BA	0,037	4,965
50%BA	0,043	5,279
83%BA	0,046	6,794
34%OUT	0,045	3,650
50%OUT	0,046	3,908
83%OUT	0,043	3,592
34%DR	0,045	3,471
50%DR	0,039	3,601
66%DR	0,064	3,721
83%DR	0,044	5,308

A Figura 5.17 ilustra o comportamento das malhas quanto à condutividade térmica.

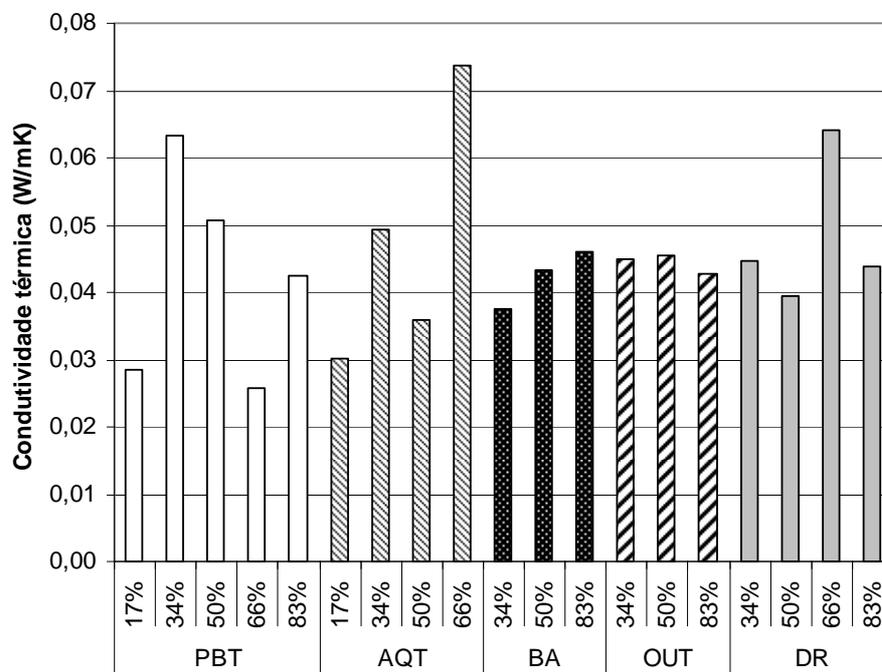


Fig. 5.17 – Condutividade térmica

Analisando a Figura 5.17 pode verificar-se que:

- Relativamente às misturas com PBT, não existe uma relação directa entre o aumento da percentagem de PBT e a condutividade térmica, dado que a combinação 34% de PBT apresenta o maior valor e a combinação 66%PBT, o menor valor;
- Tal como as misturas com PBT, nas misturas com AQT não se verifica nenhuma relação entre a variação da sua percentagem na mistura e a condutividade térmica;
- Verifica-se que nas combinações com BA a condutividade térmica varia directamente de com a adição de BA;
- Relativamente às combinações PES/OUT, não se verifica uma tendência bem definida de aumento no resultado de acordo com a adição de OUT, mesmo quando se considera a espessura das malhas combinando PES/OUT
- Nas combinações com DR não se verifica nenhuma influência da adição de DR sobre a condutividade térmica.

5.3.1.3 Permeabilidade

A – Permeabilidade ao vapor de água

O Quadro 5.6 apresenta os resultados obtidos nas malhas ensaiadas.

Quadro 5.6 – Permeabilidade ao vapor de água			
	WVP_f	WVP_r	I (%)
17%PBT	692,4174	724,7777	95,54
34%PBT	721,2643	752,7925	95,81
50%PBT	721,4492	752,7925	95,84
66%PBT	737,7218	772,4860	95,50
83%PBT	746,1355	772,4860	96,59
17%AQT	764,2572	802,7197	95,21
34%AQT	756,9531	802,7197	94,30
50%AQT	686,0378	763,8874	89,81
83%AQT	734,8556	802,7197	91,55
34%BA	718,6755	749,7413	95,86
50%BA	698,0574	752,2377	92,80
83%BA	704,1596	763,3327	92,25
34%OUT	684,7434	692,6023	98,87
50%OUT	677,7166	692,6023	97,85
83%OUT	676,2373	697,0403	97,02
34%DR	652,0133	684,8359	95,21
50%DR	689,0889	724,7777	95,08
66%DR	673,6485	724,7777	92,95
83%DR	735,5028	730,3252	100,71

WVP_f – Permeabilidade do vapor de água da amostra

WVP_r – Permeabilidade do vapor de água do tecido referência

$$I = \text{WVP}_f / \text{WVP}_r * 100_f$$

A Figura 5.18 mostra os índices obtidos por grupo de amostras.

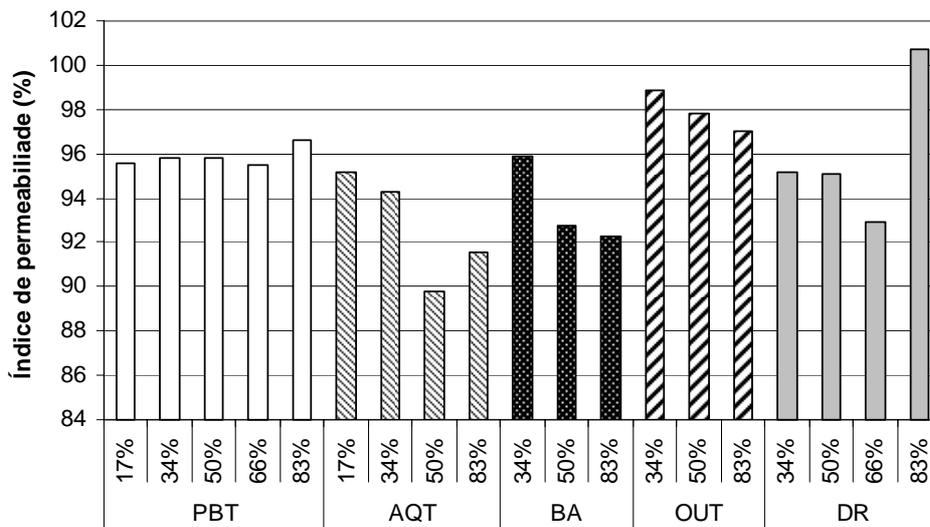


Fig. 5.18 – Permeabilidade ao vapor de água

Analisando os resultados obtidos, pode observar-se que:

- As amostras que contêm AQT são as que apresentam menor permeabilidade ao vapor de água;
- É clara a tendência de menor permeabilidade ao vapor de água à medida que se acrescenta maiores porcentagens de AQT, BA e OUT.
- Não existe uma tendência bem definida de aumento da permeabilidade ao vapor de água à medida que se aumenta a quantidade de DR.
- A maior permeabilidade é observada para a malha com 83% de DR.

B – Permeabilidade ao ar

O Quadro 5.7 mostra os resultados obtidos para a permeabilidade ao ar em todo o conjunto de combinações com PES.

Quadro 5.7 – Permeabilidade ao ar	
	R (mm/s)
17%PBT	24,39
34%PBT	19,47
50%PBT	17,29
66%PBT	16,13
83%PBT	13,92
17%AQT	19,43
34%AQT	15,37
50%AQT	13,59
66%AQT	11,64
34%BA	25,97
50%BA	44,97
83%BA	60,82
34%OUT	16,89
50%OUT	35,03
83%OUT	57,06
34%DR	24,24
50%DR	34,20
66%DR	39,87
83%DR	49,52

O factor R corresponde ao grau de permeabilidade ao ar que o material têxtil oferece. Embora o equipamento utilizado apresente resultados em $l/m^2/s$, é indicado, pela Norma utilizada, a sua apresentação final em mm/s, denominado de factor R. A Figura 5.19 mostra os resultados obtidos para a permeabilidade ao ar por grupo de malhas ensaiadas,

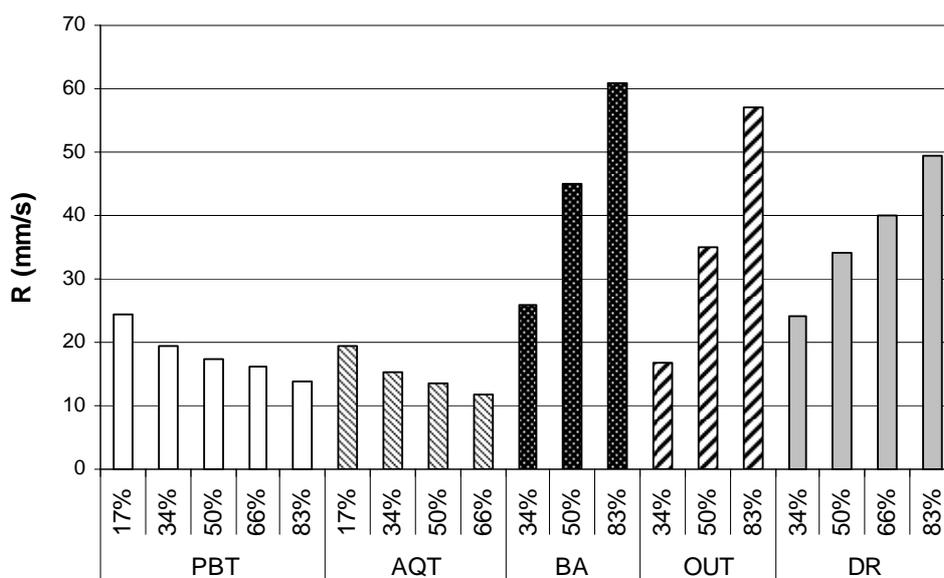


Fig. 5.19 – Permeabilidade ao ar

Analisando a Figura 5.19 observa-se uma clara tendência de variação nos resultados de permeabilidade ao ar em todas os grupos funcionais estudados. As malhas produzidas com AQT apresentam menor permeabilidade ao ar enquanto as misturas com BA apresentam a maior permeabilidade ao ar. Nas combinações PES/PBT e PES/AQT quanto maior a percentagem de fibra funcional na mistura menor é a permeabilidade.

5.3.1.4 Propriedades físicas

A – Cair

A Figura 5.20 apresenta os resultados obtidos para o coeficiente de cair para as diferentes malhas ensaiadas.

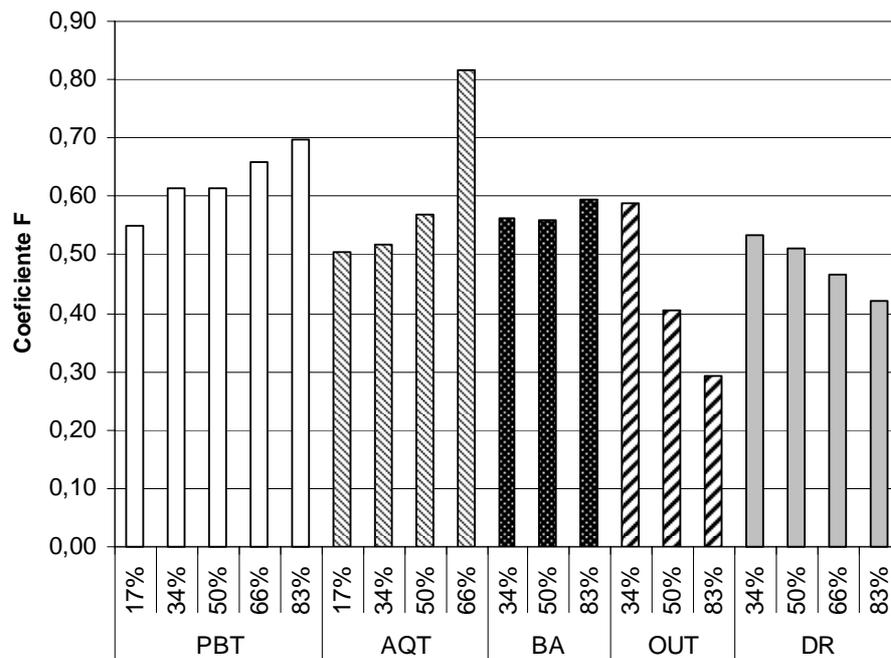


Fig. 5.20 – Coeficiente de cair

Pode afirmar-se que a melhor performance é observada para as malhas contendo OUT, ficando as combinações PES/PBT com os piores valores, embora seja evidente que na composição 66%AQT se verifique o pior valor de entre todos.

Os resultados evidenciam que a adição de OUT e DR melhora o cair das malhas. As combinações com as fibras PBT e AQT apresentam comportamento inverso, isto é, quanto maior a quantidade de PBT e AQT, mais rígida a malha se apresenta.

A adição de BA às malhas não apresenta qualquer influência nos valores do coeficiente do cair obtidos.

B – Rigidez à flexão

A Figura 5.21 apresenta os resultados obtidos para o coeficiente de rigidez à flexão para as malhas ensaiadas, na direcção das colunas e das fileiras, tendo em conta a sua rigidez à flexão.

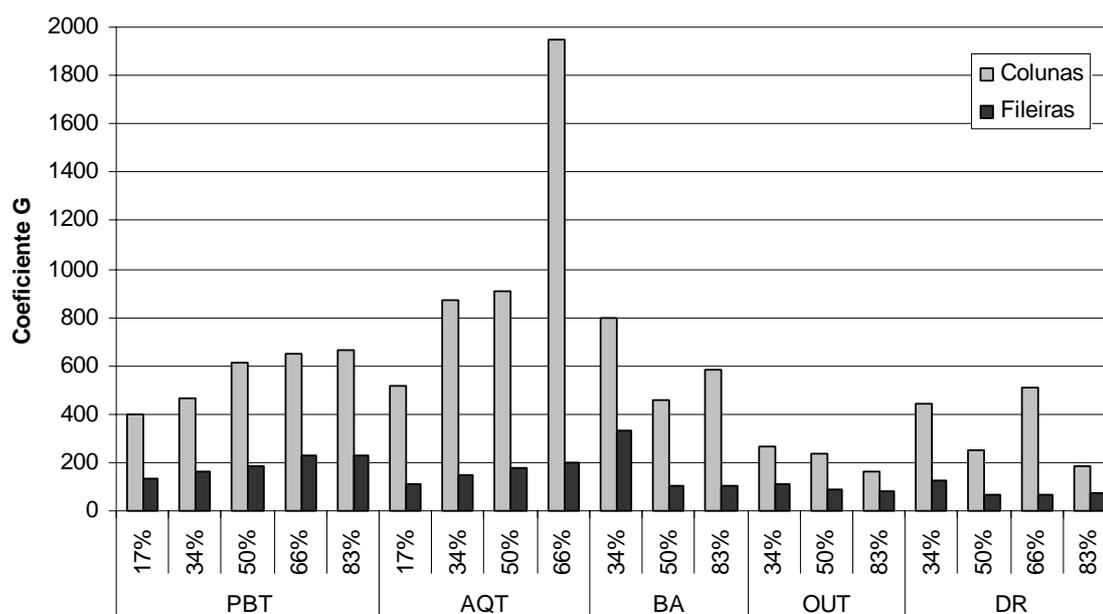


Fig. 5.21 – Coeficiente de rigidez à flexão

É visível que os valores referentes à rigidez à flexão no sentido das fileiras são menores do que no sentido das colunas, em todas as amostras.

As combinações com OUT apresentam menor rigidez à flexão, tanto no sentido das colunas como no sentido das fileiras. Os piores resultados – leia-se, maiores valores – estão relacionados com as combinações PES/AQT.

Os coeficientes das combinações com DR, no sentido das fileiras, apresentam-se também muito próximos de zero, tal como as contendo OUT.

Verifica-se que, no sentido das colunas, nas combinações com PBT e AQT, é clara a tendência de aumento da rigidez à medida que se aumenta a percentagem das referidas fibras nas malhas. Essa tendência é observada tanto no sentido das colunas como no sentido das fileiras, nas combinações com AQT.

A adição de BA e DR não parece provocar alteração significativa na rigidez à flexão.

5.3.2 Combinações com Polipropileno (PP)

5.3.2.1 Propriedades de regulação da humidade

A – Capilaridade horizontal e vertical

- Combinações PP/PBT

As Figuras 5.22 e 5.23a e 5.23b ilustram o comportamento quanto às capilaridade horizontal e vertical, das combinações com PP e PBT.

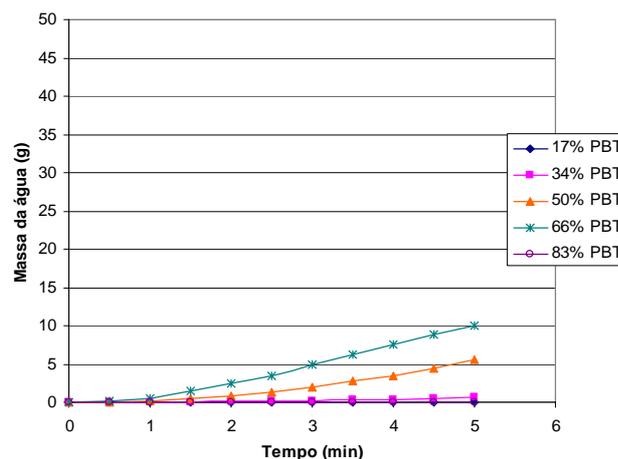


Fig. 5.22 – Capilaridade horizontal PP/PBT

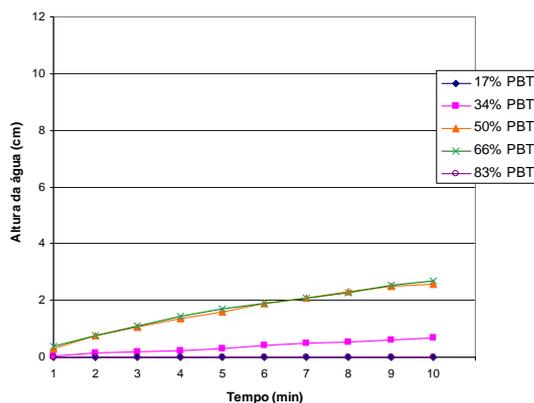


Fig. 5.23a – Capilaridade vertical Colunas – PP/PBT

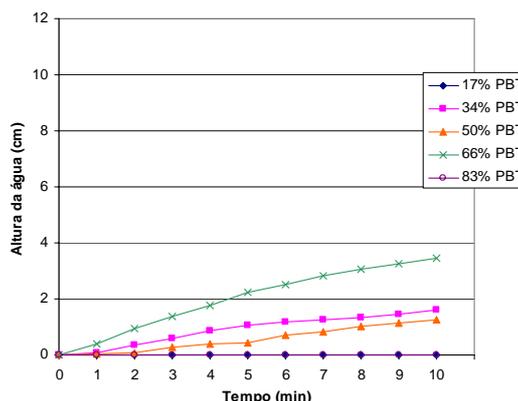


Fig. 5.23b – Capilaridade vertical Fileiras – PP/PBT

Nas curvas da Figura 5.22 referentes à capilaridade no sentido horizontal, verifica-se que apenas os níveis de 50% e 66% de PBT provocam o efeito capilar. As demais composições têm efeito nulo, não apresentando qualquer influência no movimento da água nas malhas ensaiadas.

No sentido vertical, o comportamento nas direcções das colunas e das fileiras é bastante diferente. De um modo geral, os valores apresentados são muito baixos e, em ambas as direcções, não se verifica qualquer relação entre a adição de PBT e o desempenho das malhas. Verifica-se ainda que a combinação 66%PBT apresenta o melhor resultado em ambas as direcções, embora a composição com 50% tenha igual desempenho no sentido das colunas (Figuras 5.23a e 5.23b).

- Combinações PP/AQT

As Figuras 5.24 e 5.25a e 5.25b apresentam os resultados obtidos com as combinações PP/AQT.

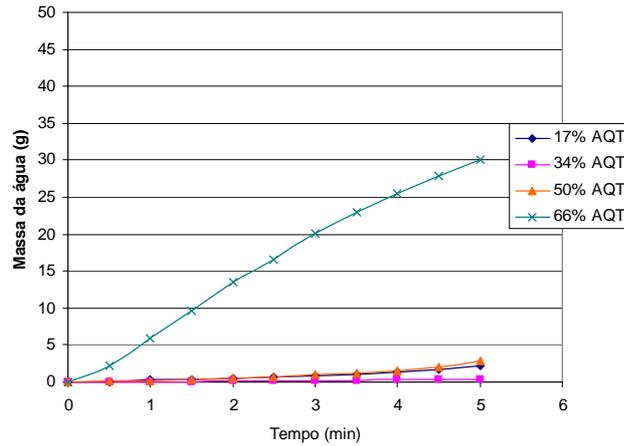


Fig. 5.24 – Capilaridade horizontal PP/AQT

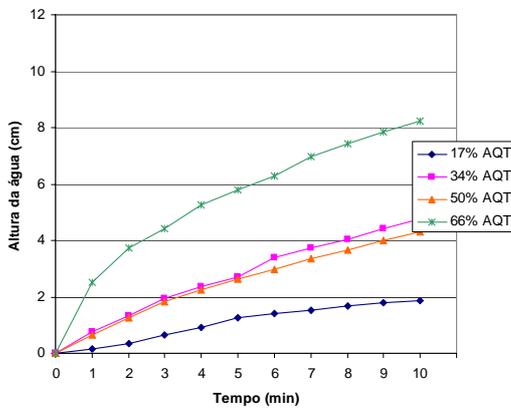


Fig. 5.25a – Capilaridade vertical Colunas – PP/AQT

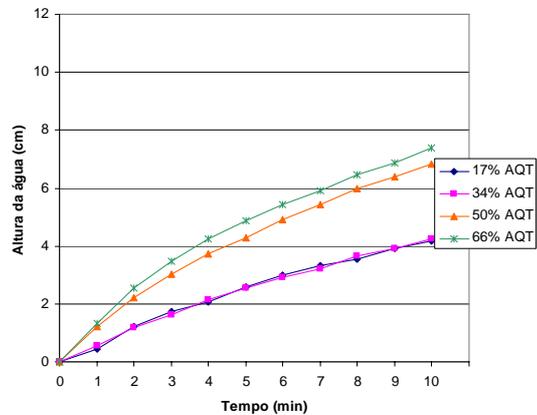


Fig. 5.25b – Capilaridade vertical Fileiras – PP/AQT

A análise dos valores graficamente representados nas Figuras 5.24 e 5.25 permite concluir que o maior percentagem da combinação com AQT (66%) possibilita o melhor comportamento, tanto no sentido horizontal como no vertical e, da mesma forma, nas direcções das colunas e das fileiras.

É importante salientar que no sentido horizontal esta combinação – 66%AQT – foi a única combinação que permitiu a movimentação da água na malha, alcançando elevado nível de capilaridade.

Na capilaridade vertical observa-se que, embora a níveis menores, as outras combinações com AQT permitiram a capilaridade vertical, tanto na direcção das colunas como na das fileiras. Percebe-se das Figuras 5.25a e 5.25b uma tendência de maior capilaridade à medida que se aumenta a percentagem de AQT.

- Combinações PP/BA

As Figuras 5.26 e 5.27a e 5.27b mostram a capilaridade horizontal e vertical das misturas PP/BA.

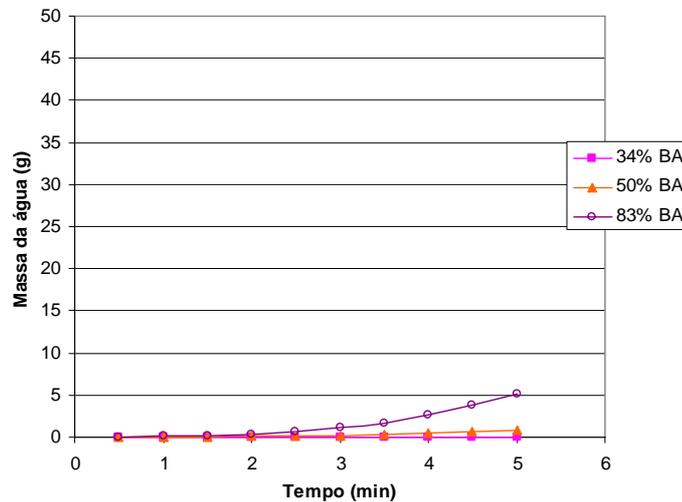


Fig. 5.26 – Capilaridade horizontal PP/BA

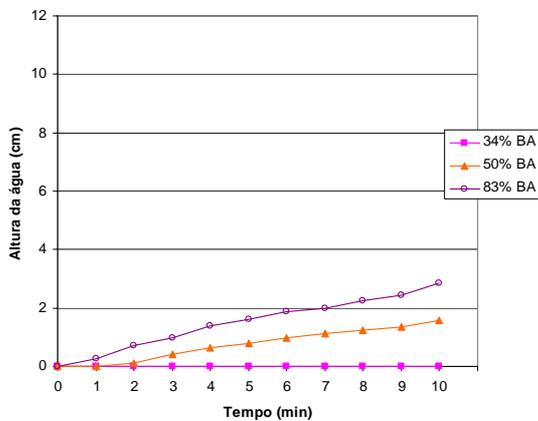


Fig. 5.27a – Capilaridade vertical Colunas – PP/BA

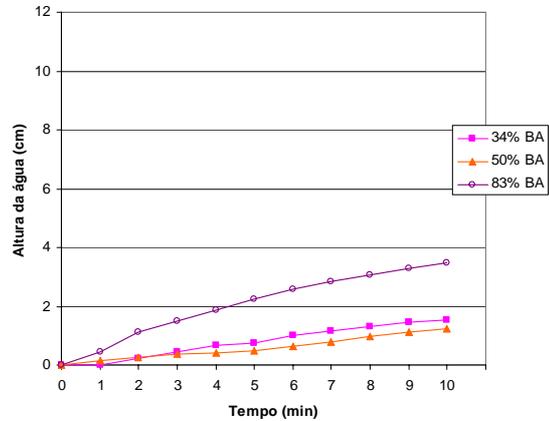


Fig. 5.27b – Capilaridade vertical Fileiras – PP/BA

Os valores apresentados no conjunto de todas as combinações com BA são muito baixos. No sentido horizontal (Figura 5.26) apenas a percentagem de 83% demonstrou comportamento capilar, mas de baixa significância.

No sentido horizontal é visível melhor comportamento de capilaridade, tanto no sentido das colunas (Figura 5.27a) como no das fileiras (5.27b). Em ambas as direcções destaca-se

a composição com 83% de BA, embora não se possa afirmar que exista uma tendência de aumento da capilaridade à medida que aumenta a quantidade de BA.

- Combinações PP/OUT

As Figuras 5.28, 5.29a e 5.29b apresentam a evolução da capilaridade das combinações PP/OUT.

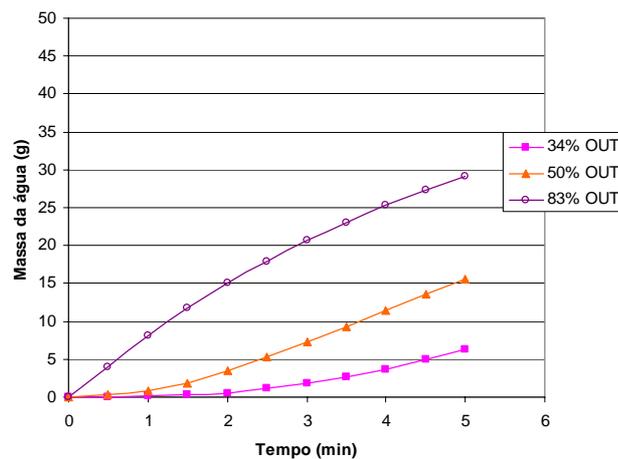


Fig. 5.28 – Capilaridade horizontal PP/OUT

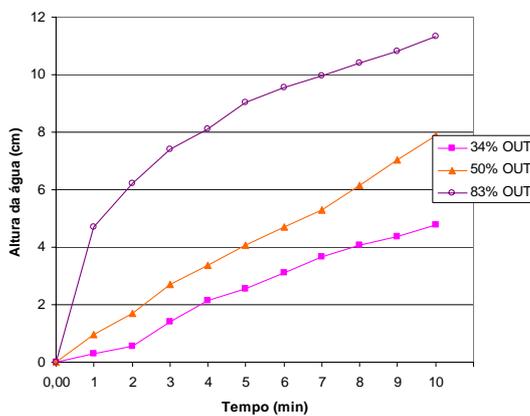


Fig. 5.29a – Capilaridade vertical Colunas – PP/OUT

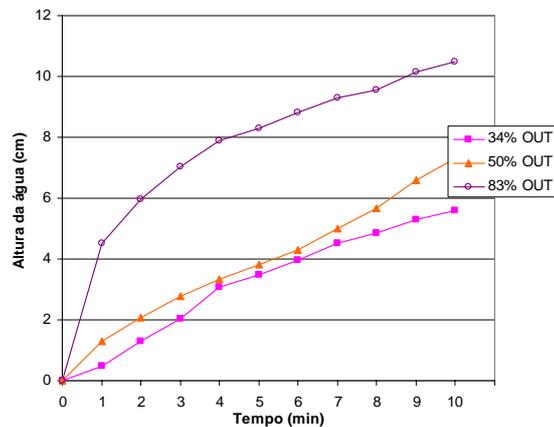


Fig. 5.29b – Capilaridade vertical Fileiras – PP/OUT

Os resultados apresentados nas Figuras 5.28 e 5.29 evidenciam a elevada hidrofiliabilidade da fibra OUT, apresentando, como consequência, elevados níveis de capilaridade.

A análise conjunta dos resultados evidencia a tendência de aumento da capilaridade com o aumento da fibra OUT, nos sentidos horizontal e vertical e nas direcções das colunas e das fileiras. Percebe-se ainda que a malha com de 83%OUT apresenta um desempenho superior às demais combinações. Contudo, na capilaridade vertical – Figuras 5.29a e 5.29b, observa-se que as misturas com 34% e 66% de OUT têm comportamento aproximado enquanto que a combinação 83%OUT demonstra alto grau de capilaridade.

- Combinações PP/DR

Nas Figuras 5.30, 5.31a e 5.31b apresentam-se os resultados obtidos para a capilaridade das combinações com PP e DR.

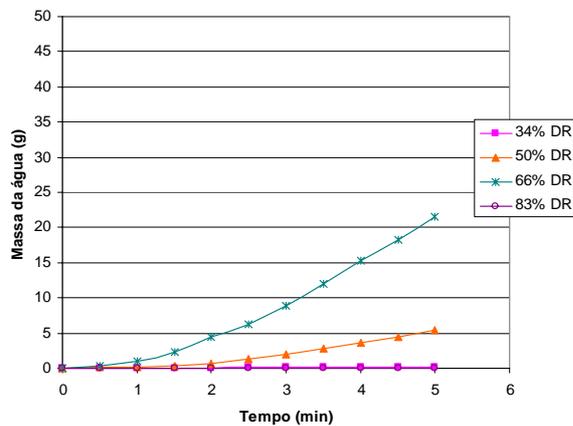


Fig. 5.30 – Capilaridade horizontal PP/DR

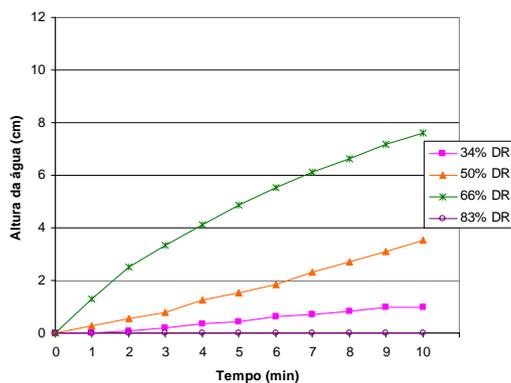


Fig. 5.31a – Capilaridade vertical Colunas – PP/DR

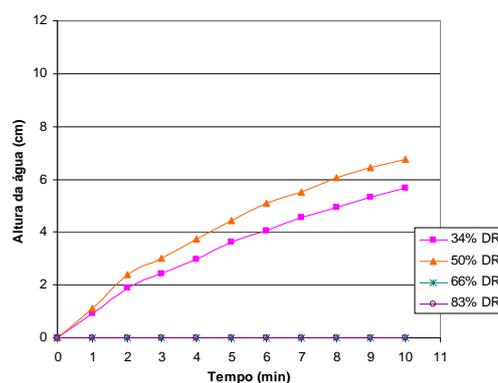


Fig. 5.31b – Capilaridade vertical Fileiras – PP/DR

Analisando as curvas, não é possível estabelecer uma relação directa entre a adição da fibra DR e o movimento capilar.

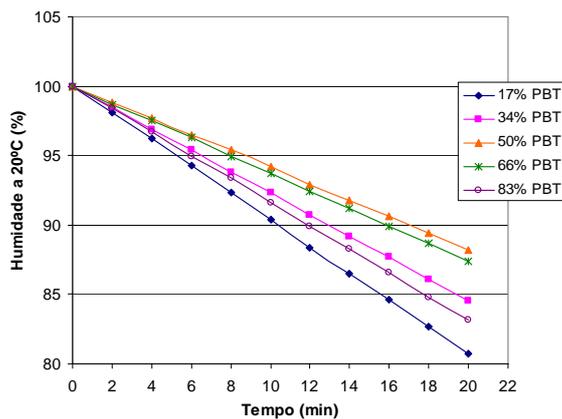
Nas capilaridades horizontal (Figura 5.30) e vertical, sentido colunas (Figura 5.31a), as combinações com 50% e 66%DR apresentam os melhores resultados.

No sentido das fileiras (Figura 5.31b) da capilaridade vertical, a composição 50% é a que apresenta o melhor comportamento seguida da combinação 34%, enquanto as demais não apresentam movimento capilar.

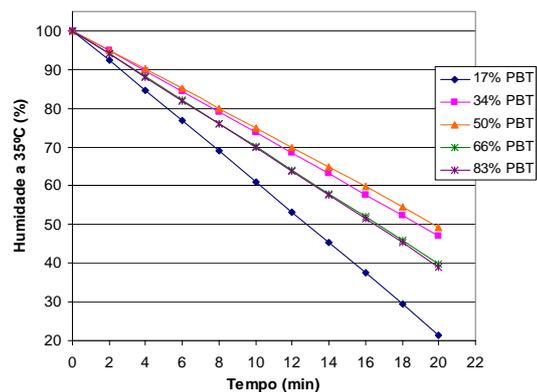
B – Perda de humidade

- Combinações PP/PBT

As Figuras 5.32a e 5.32b representam a evolução da perda de humidade nas amostras com PP e PBT, observada nas temperaturas ambiente de 20°C e 35°C.



**Fig. 5.32a – Perda de humidade a 20°C
PP/PBT**



**Fig. 5.32b – Perda de humidade a 35°C
PP/PBT**

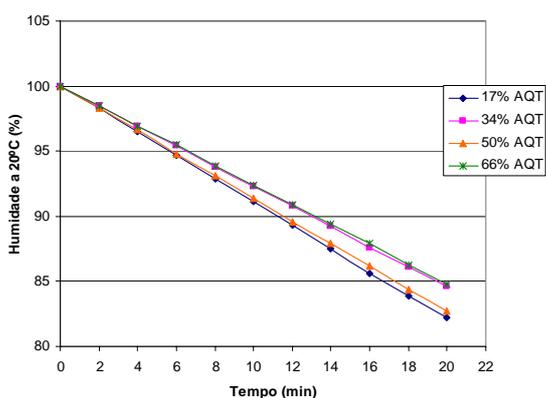
A análise nos resultados permite afirmar que não existe uma influência directa da adição de PBT na perda de humidade, seja a 20°C ou a 35°C (Figuras 5.32a e 5.32b). Todavia, as percentagens de 17% e 50% de PBT apresentam o mesmo comportamento nas duas temperaturas.

A amostra com 17% de PBT é a combinação que mais liberta humidade de entre todas, sendo a combinação de 50%PBT, a que retém mais humidade – nas duas temperaturas.

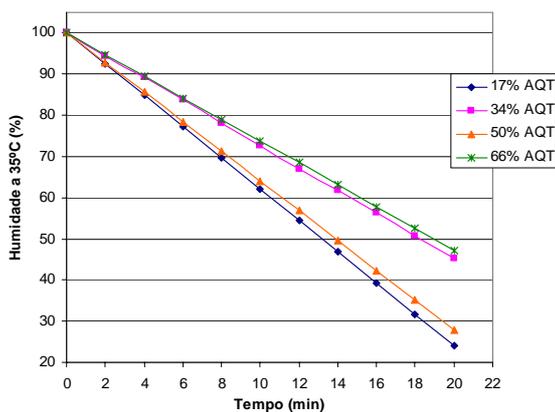
As demais composições manifestam-se de formas bem diferenciadas nas diferentes temperaturas.

- Combinações PP/AQT

Nas Figuras 5.33a e 5.33b pode ser visualizado o comportamento de perda de humidade das misturas PP/AQT, nas temperaturas de 20°C e 35°C.



**Fig. 5.33a – Perda de humidade a 20°C
PP/AQT**



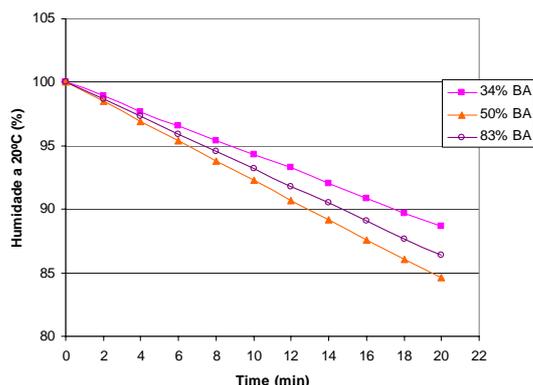
**Fig. 5.33b – Perda de humidade a 35°C
PP/AQT**

À temperatura de 20°C verifica-se elevada proximidade nas curvas de todo o conjunto de amostras (Figura 5.33a).

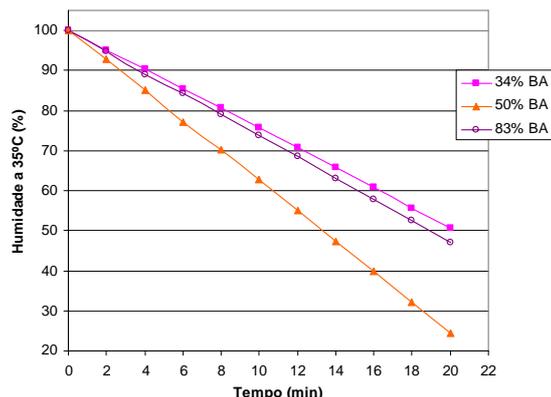
É observado, entretanto, nas Figuras 5.33A e 5.33b, que o par de combinações 17% e 50%AQT apresenta o mesmo comportamento, assim como também, o par 34% e 83%AQT. Isso significa que não existe uma relação directa entre a adição de AQT às misturas e a taxa percentual de retenção da humidade, nas referidas temperaturas.

- Combinações PP/BA

As Figuras 5.34a e 5.34b apresentam os resultados observados sobre a perda de humidade nas misturas com PP e BA.



**Fig. 5.34a – Perda de humidade a 20°C
PP/BA**



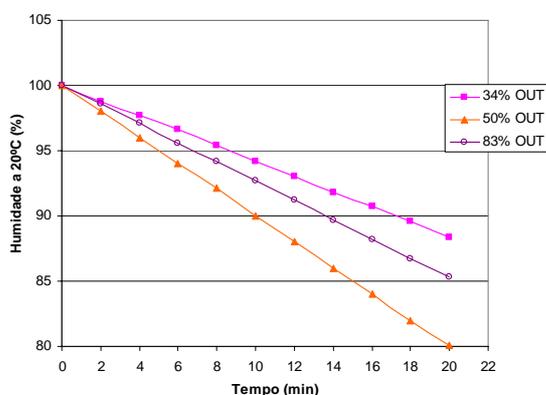
**Fig. 5.34b – Perda de humidade a 35°C
PP/BA**

Embora não ocorra uma tendência de variação proporcional à adição de BA, verifica-se o mesmo comportamento das misturas, nas diferentes temperaturas.

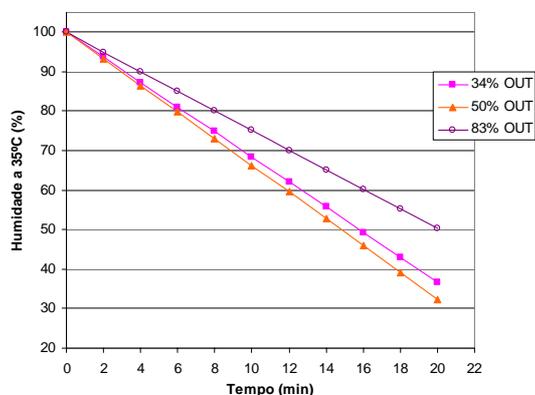
A combinação 50%BA é a que liberta humidade mais rapidamente, e a que contém 34%, a que retém maior nível de humidade. A composição 83%BA situa-se na posição intermediária, embora que a 35°C seu comportamento seja muito próximo do da combinação com 34% (Figuras 5.34a e 5.34b).

- Combinações PP/OUT

As Figuras 5.35a e 5.36b mostram a evolução de perda de humidade nas combinações contendo PP e OUT.



**Fig. 5.35a – Perda de humidade a 20°C
PP/OUT**



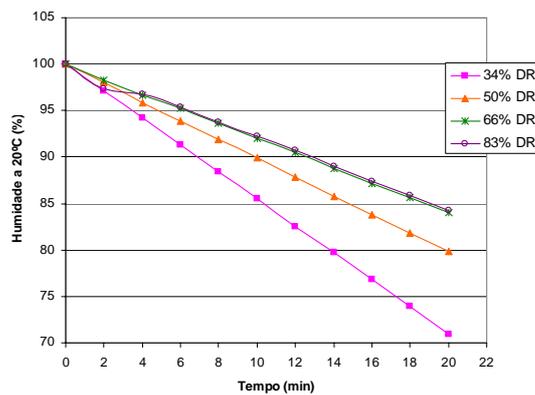
**Fig. 5.35b – Perda de humidade a 35°C
PP/OUT**

A composição com 50%OUT apresenta o melhor comportamento, ou seja, liberta a humidade mais rapidamente do que as outras combinações, tanto a 20°C como a 35°C. (Figuras 5.35a e 5.35b). Os resultados obtidos não evidenciam uma relação directa entre a quantidade de OUT na mistura e o comportamento de libertação/retenção da humidade.

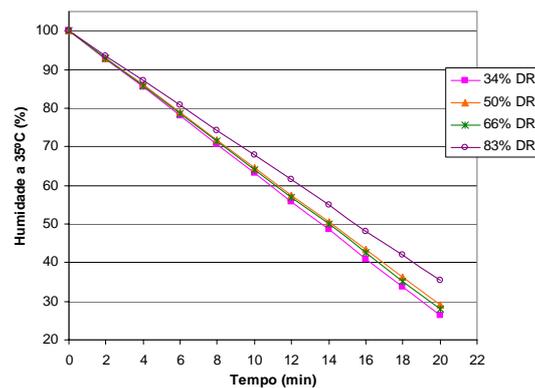
Observa-se que, à temperatura de 35°C, as composições com 50% e 34% apresentam comportamentos muito próximos (Figura 5.35b).

- Combinações PP/DR

As Figuras 5.36a e 5.36b apresentam os resultados obtidos para a perda de humidade nas combinações com PP e DR.



**Fig. 5.36a – Perda de humidade a 20°C
PP/DR**



**Fig. 5.36b – Perda de humidade a 35°C
PP/DR**

À temperatura de 20°C, é observada uma tendência de maior libertação da humidade à medida que se adiciona DR, embora as combinações 66% e 83%DR apresentem curvas semelhantes (Figura 5.36a).

Na Figura 5.36b o comportamento de todo o conjunto de amostras pode ser considerado semelhante independentemente da percentagem de DR nas misturas.

5.3.2.2 Propriedades térmicas

A – Condutividade térmica

O Quadro 5.8 apresenta os resultados obtidos relativamente às propriedades térmicas das combinações produzidas com PP.

Quadro 5.8 – Propriedades térmicas		
	Condutividade térmica (W/mK)	Resistência térmica (Km²/W) *10⁻²
17%PBT	0,058	3,086
34%PBT	0,076	2,871
50%PBT	0,084	2,619
66%PBT	0,082	2,166
83%PBT	0,087	2,562
17%AQT	0,067	2,577
34%AQT	0,062	3,057
50%AQT	0,074	2,525
66%AQT	0,082	2,227
34%BA	0,066	3,629
50%BA	0,061	3,926
83%BA	0,077	3,655
34%OUT	0,063	3,453
50%OUT	0,056	3,480
83%OUT	0,056	3,653
34%DR	0,054	4,158
50%DR	0,052	3,583
66%DR	0,068	3,300
83%DR	0,074	2,873

A Figura 5.37 representa graficamente os resultados de condutividade térmica das malhas produzidas com PP.

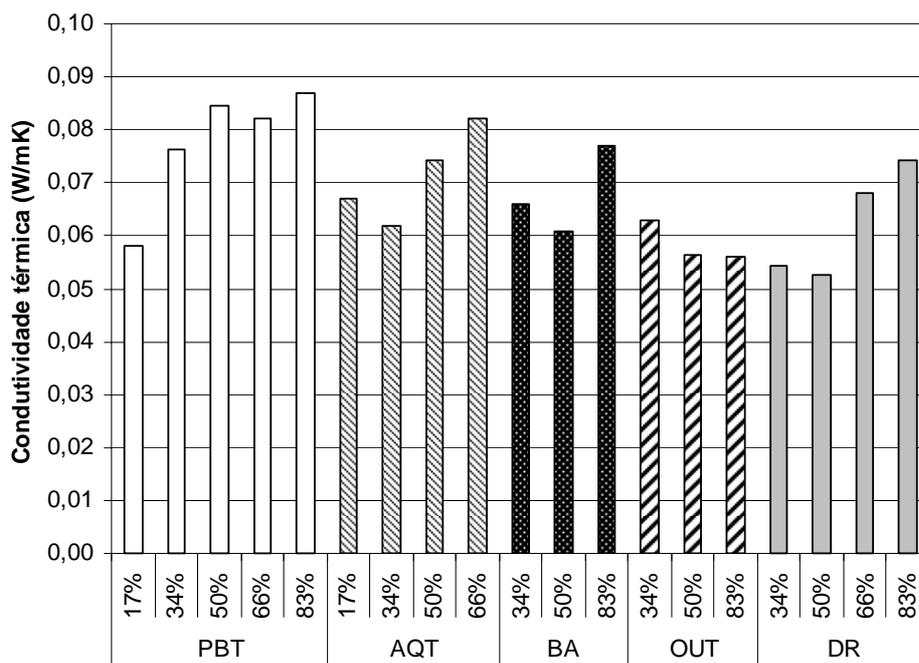


Fig. 5.37 – Condutividade térmica

Analisando os dados apresentados na Figura 5.37, pode afirmar-se que existe uma tendência de aumento da condutividade térmica em função do aumento de PBT e DR.

Para as combinações com AQT verifica-se um aumento directo da condutividade térmica a partir de 34% da fibra. Nas composições com BA, observa-se uma ‘tendência invertida’ onde a condutividade atinge um mínimo e depois volta a subir, o que indica que aos 50% se encontra o menor nível de condutividade térmica.

Nas combinações com OUT, à menor percentagem de fibra na malha corresponde o maior nível de condutividade térmica.

5.3.2.3 Permeabilidade

A – Permeabilidade ao vapor de água

O Quadro 5.9 mostra os valores referentes aos índices de permeabilidade ao vapor de água nas malhas produzidas com PP.

Quadro 5.9 – Permeabilidade ao vapor de água			
	WVP_f	WVP_r	I (%)
17%PBT	687,5172	748,3545	91,87
34%PBT	680,0281	736,4274	92,34
50%PBT	681,5074	736,4274	92,54
66%PBT	667,7312	711,1864	93,89
83%PBT	669,0256	713,4054	93,78
17%AQT	705,2691	748,6319	94,21
34%AQT	659,5024	701,2009	94,05
50%AQT	671,7069	713,4054	94,16
83%AQT	652,1982	701,2009	93,01
34%BA	686,0378	763,8874	89,81
50%BA	695,6535	752,7925	92,41
83%BA	687,5172	740,8654	92,80
34%OUT	632,7821	693,7118	91,22
50%OUT	643,6921	693,7118	92,79
83%OUT	669,9502	693,4345	96,61
34%DR	703,9747	749,4640	93,93
50%DR	704,2520	749,7413	93,93
66%DR	696,4856	746,6902	93,28
83%DR	686,0378	749,7413	91,50

WVP_f – Permeabilidade do vapor de água da amostra

WVP_r – Permeabilidade do vapor de água do tecido referência

$I = WVP_f / WVP_r * 100$

A Figura 5.38 mostra os índices de permeabilidade por grupo de amostras.

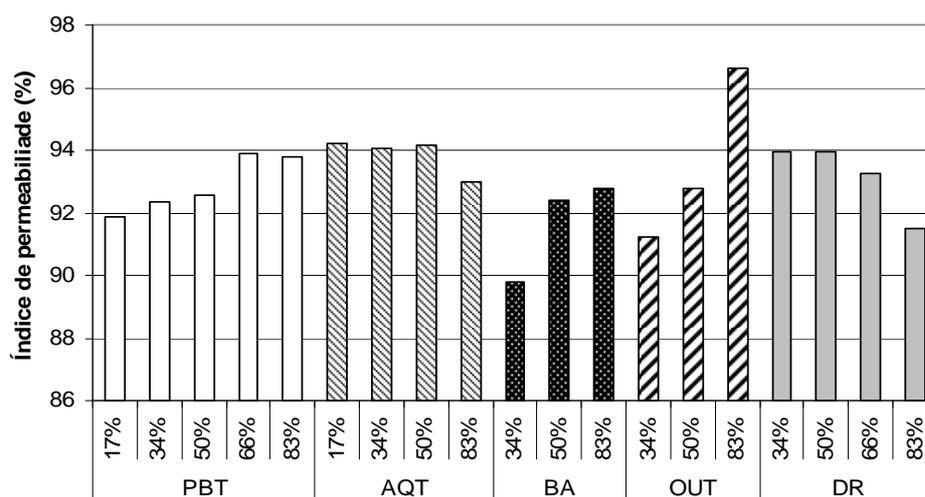


Fig. 5.38 – Permeabilidade ao vapor de água

Os resultados apresentados indicam que as combinações produzidas com PBT, BA e OUT apresentam clara tendência de melhor permeabilidade ao vapor de água à medida que

aumenta a quantidade das referidas fibras nas misturas, sendo que as combinações com OUT mostram a tendência mais evidente.

As combinações com DR mostram efeito contrário, ou seja, à medida que se adiciona DR, menor a permeabilidade ao vapor. A proximidade dos valores apresentados pelas misturas com AQT evidencia que esta fibra não apresenta qualquer influência na permeabilidade ao vapor.

B – Permeabilidade ao ar

O Quadro 5.10 mostra os resultados obtidos para o conjunto de amostras, relativamente à permeabilidade ao ar.

Quadro 5.10 – Permeabilidade ao ar	
	R (mm/s)
17%PBT	19,63
34%PBT	16,46
50%PBT	14,46
66%PBT	13,55
83%PBT	5,07
17%AQT	6,98
34%AQT	8,10
50%AQT	7,95
66%AQT	9,52
34%BA	14,48
50%BA	21,43
83%BA	35,53
34%OUT	9,89
50%OUT	15,22
83%OUT	30,76
34%DR	15,83
50%DR	20,74
66%DR	24,24
83%DR	56,26

A Figura 5.39 ilustra o comportamento de permeabilidade ao ar das malhas produzidas com PP.

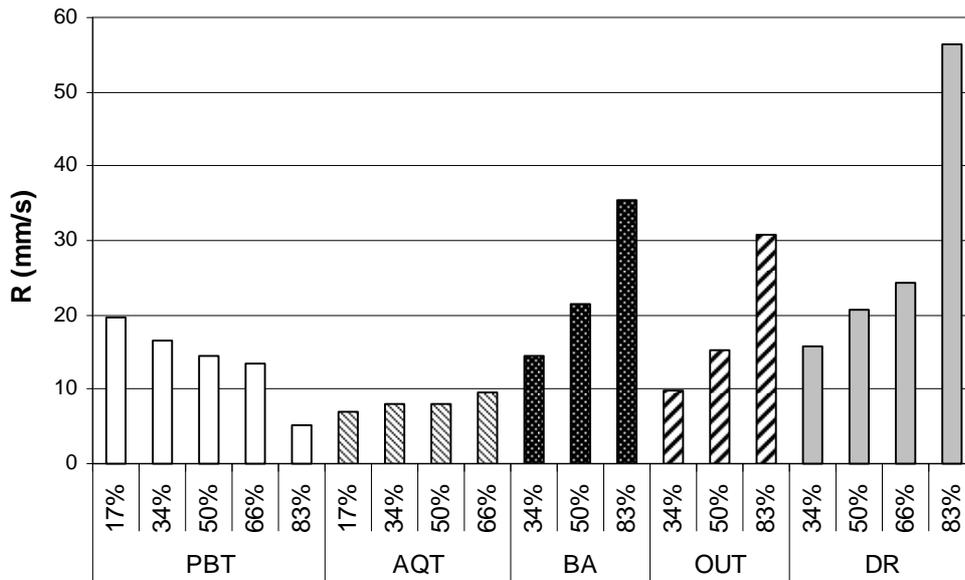


Fig. 5.39 – Permeabilidade ao ar

Existe uma clara tendência em todas as combinações de variação da permeabilidade ao ar à medida que varia a quantidade de cada fibra (Figura 5.39).

Para as combinações com PBT observa-se que, à medida que aumenta a percentagem desta fibra, a permeabilidade ao ar é reduzida. Pelo contrário, nas combinações com AQT, BA, OUT e DR, a permeabilidade ao ar aumenta à medida que se adiciona maiores quantidades das referidas fibras. Verifica-se que as malhas produzidas com AQT apresentam o menor conjunto de valores.

5.3.2.4 Propriedades físicas

A – Cair

A Figura 5.40 ilustra o coeficiente do cair das malhas produzidas com PP.

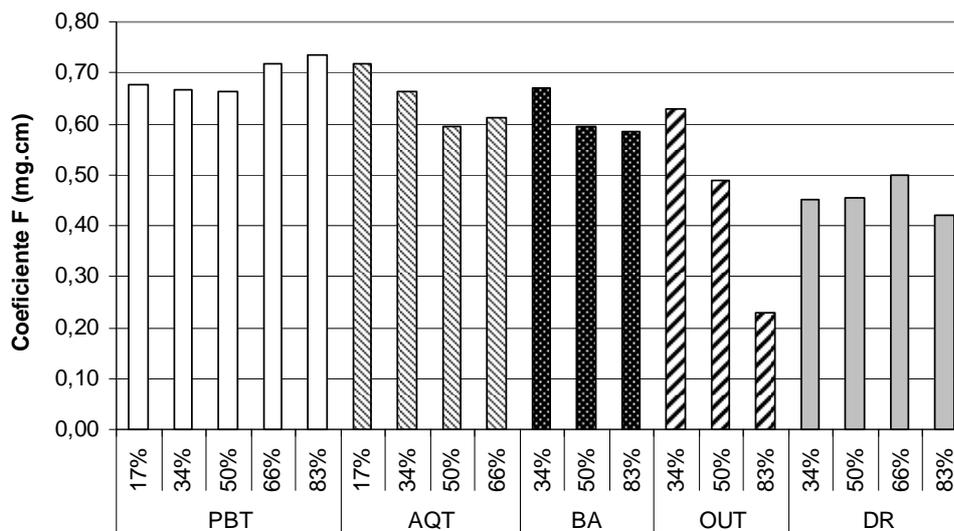


Fig. 5.40 – Coeficiente do cair

Apenas as combinações com OUT mostram clara tendência de influência no cair das malhas à medida que se adiciona esta fibra. As que contêm AQT e BA apresentam uma tendência de diminuição do cair à medida que se aumenta a quantidade destas fibras.

As misturas com PBT apresentam uma singularidade: os valores decrescem ligeiramente até atingirem um valor mínimo, após o que se dá uma inversão do seu comportamento, crescendo novamente com a continuação do aumento da quantidade da fibra. Verifica-se assim que o melhor coeficiente é o da combinação 50/50%.

Embora não apresentando uma tendência definida, verifica-se que as combinações com DR apresentam o melhor conjunto de valores.

B – Rigidez à flexão

A Figura 5.41 ilustra o comportamento de rigidez à flexão das combinações com PP.

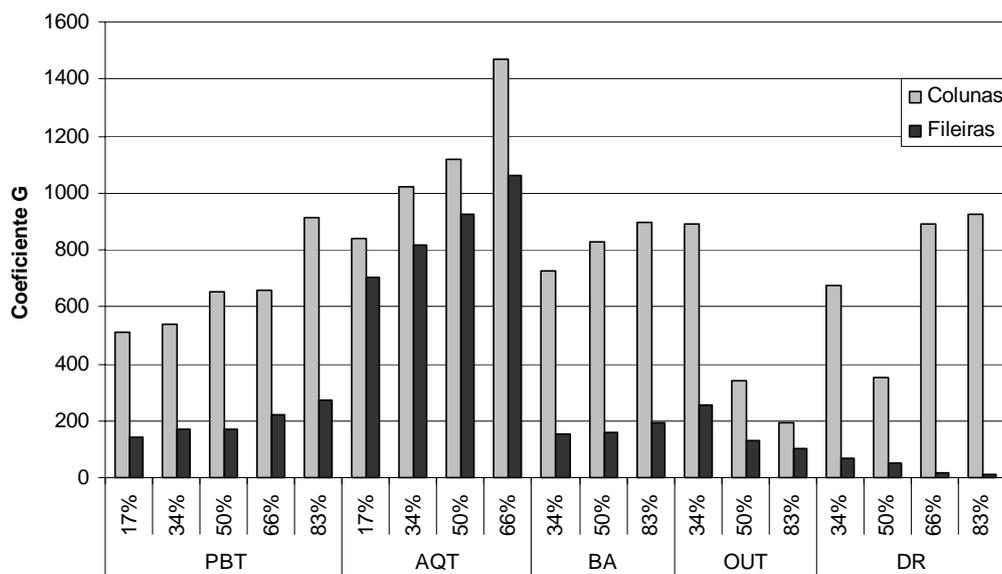


Fig. 5.41 – Coeficiente de rigidez à flexão

Analisando os resultados, verificam-se diferenças significativas nos valores de rigidez à flexão, entre o sentido das colunas e o sentido das fileiras.

As combinações com AQT mostram influência significativa da fibra sobre a rigidez da malha nos sentidos das colunas e das fileiras. Verifica-se, também, o maior conjunto de valores do coeficiente, o que significa maior rigidez.

Nas combinações com PBT e BA o aumento da percentagem de fibra na mistura conduz ao aumento da rigidez à flexão, em ambos os sentidos.

As misturas com OUT apresentam tendência contrária, isto é, ao aumentar-se a percentagem da fibra reduz-se a rigidez da malha, em ambos os sentidos. Para as malhas desenvolvidas com DR, verifica-se melhor desempenho no sentido das fileiras, onde se encontram os menores valores de todo o conjunto de dados.

5.4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A análise estatística realizada para análise dos resultados obtidos, foi direccionada para as principais propriedades a fim de se determinar as melhores combinações para a finalidade que se pretende, a produção da T-shirt desportiva. Para o tratamento dos resultados obtidos

recorreu-se à utilização de meios informáticos e do programa SPSS (Statistical Package for the Social Science), com capacidades gráficas e analíticas.

No sentido de se verificar a existência de diferenças significativas nos diversos níveis das combinações em cada conjunto de amostras, de acordo com cada propriedade analisada, efectuou-se uma análise estatística do tipo ANOVA. Na utilização deste método, assume-se que as observações são independentes, normalmente distribuídas e com variância igual para cada nível. Caso os pressupostos não sejam satisfeitos, procura-se outro método a fim de se obter uma conclusão estatisticamente significativa.

A verificação da validade dos pressupostos assumidos foi realizada através dos testes de Barlett (normalidade), Levene (homogeneidade) e o teste Shapiro para confirmar a normalidade. Nos casos em que a normalidade não foi confirmada, procedeu-se à utilização do teste não paramétrico de Kruskal Wallis. Considerados os valores da mediana encontrados, realizou-se o teste Tukey e o teste LSD (Fisher Least Significant Difference) para verificar como as variáveis diferem entre si e qual o nível de significância.

Em seguida, através do método de comparações sucessivas, utilizando-se o *t.teste*, é apresentada a comparação entre os níveis de combinações considerando as misturas produzidas com PES e PP, verificando-se dessa forma as combinações mais significativas.

5.4.1 Propriedades de regulação da humidade

Para as propriedades de regulação da humidade foram seleccionadas as combinações PES/AQT, PES/OUT e PES/DR e PP/AQT, PP/OUT e PP/DR. As variáveis seleccionadas foram a capilaridade horizontal, capilaridade vertical no sentido das colunas e perda de humidade nas temperaturas de 20°C e 35°C. A análise aqui apresentada pode ser acompanhada com a visualização dos gráficos estatísticos presentes no Anexo X.

5.4.1.1 Capilaridade horizontal

- Combinações com AQT

No que diz respeito à capilaridade horizontal, pode concluir-se que as diferentes percentagens de PES/AQT não afectam significativamente a variável capilaridade horizontal, mantendo-se a igualdade entre as medianas desta variável para os quatro níveis de AQT. Em resumo, isto significa que aumentar os percentuais de AQT nas misturas com PES não representa mudanças no comportamento das mesmas quanto a esta propriedade.

Nas combinações PP/AQT, o gráfico evidencia um comportamento distinto para a variável capilaridade horizontal em função dos diferentes níveis de PP/AQT. É visível que apenas o nível 66%AQT influencia significativamente a capilaridade horizontal.

- Comparação entre as combinações PES/AQT e PP/AQT

Perante os dados expostos, é possível concluir que, apenas no nível de 66%AQT o comportamento observado é semelhante nas combinações, quer seja com PES, quer seja com PP, ou seja, a proporção de 66% de ambas fibras funcionais afecta a referida variável.

- Combinações com OUT

A análise estatística evidencia que todos os níveis de OUT nas combinações com PES, afectam a capilaridade horizontal, entretanto, a combinação com 34% de OUT é a que tem maior significância.

Nas combinações com PP/OUT, há evidência de que os três níveis de OUT afectam significativamente a capilaridade horizontal.

- Comparação entre as combinações PES/OUT e PP/OUT

É permitido inferir que as combinações com OUT e PES apresentam influência mais significativa sobre a capilaridade horizontal.

- Combinações com DR

A análise estatística demonstra que todos os níveis de DR, nas combinações com PES, afectam a capilaridade horizontal, sendo que a combinação com 50%DR é a que afecta esta propriedade de forma mais significativa. A análise evidencia, ainda, que os níveis de 34% e 66% têm a mesma influência sobre esta propriedade.

Nas combinações com PP, o nível 66%DR é o que afecta de forma mais significativa a esta propriedade, seguido da percentagem com 50%DR.

- Comparação entre as combinações PES/DR e PP/DR

Pode concluir-se que os resultados de maior significância se encontram nas misturas com PES, nos níveis de 50% e 83% de OUT.

5.4.1.2 Capilaridade vertical

Nesta propriedade, o tratamento estatístico deteve-se na análise da capilaridade vertical no sentido das colunas, por se compreender que o movimento capilar neste sentido representa melhor o transporte e a libertação da humidade.

- Combinações com AQT

Estatisticamente, todos os níveis nas combinações PES/AQT afectam os resultados desta propriedade, sendo que os níveis 50% e 66% de AQT afectam com maior intensidade.

Embora todos os níveis de AQT afectem a capilaridade vertical, o resultado apresentado implica afirmar uma tendência de maior capilaridade à medida que se adiciona AQT às misturas com PP.

- Comparação entre as combinações PES/AQT e PP/AQT

Todas as misturas com PES e AQT evidenciam maior grau de significância em relação às misturas produzidas com PP, para a variável capilaridade vertical.

- Combinações com OUT

Nas misturas com PES, todas as percentagens de OUT afectam significativamente a capilaridade vertical, sendo que o nível de 83%OUT é o que demonstra maior nível de significância. Os níveis de 34% e 50% não apresentam diferença significativa, ou seja, estes dois níveis influenciam da mesma forma esta propriedade.

Todos os níveis de PP/OUT influenciam distintamente a capilaridade vertical. Ressalte-se que a percentagem de 83% apresenta os maiores e mais significativos valores.

- Comparação entre as combinações PES/OUT e PP/OUT

Da observação conjunta dos resultados obtidos, pode-se inferir que todas as combinações PES/OUT apresentam resultados mais significativos de capilaridade vertical do que as misturas PP/OUT.

- Combinações com DR

O tratamento estatístico evidencia que todos os níveis afectam a capilaridade vertical, sendo que a percentagem 66%DR apresenta os maiores valores e a percentagem 83%DR, os menores. Assim, pode afirmar-se que é interessante acrescentar DR apenas até ao nível de 66% nas misturas com PES para se atingir um bom nível de capilaridade vertical.

Há evidência de que os três níveis avaliados afectam a capilaridade vertical das combinações PP/DR confirmando-se a tendência de maior capilaridade à medida que se adiciona DR nas misturas.

- Comparação entre as combinações PES/DR e PP/DR

Em função dos dados apresentados, é possível inferir que o desempenho da capilaridade vertical no sentido das colunas é significativamente melhor nas combinações com PES e DR do que as combinações com PP e DR.

5.4.1.3 Perda de humidade

Na variável Perda de humidade foram consideradas as condições ambientais em que foram realizados os ensaios. Neste caso, à temperatura ambiente de $20^{\circ}\text{C} \pm 2$ e humidade relativa de $65\% \pm 2$, uma vez que neste ambiente as condições são controladas. Para esta variável, são considerados melhores, os menores valores, uma vez que a interpretação consiste na qualidade da malha em reter o mínimo de humidade, ou seja, maior libertação desta.

- Combinação com AQT

A análise estatística indica que todos os níveis afectam significativamente a perda de humidade, sendo que o par 17% e 66% e o par 34% e 50% de AQT influenciam igualmente.

Nas combinações com PP, a adição de AQT não representa influência significativa na perda da humidade. Analisando-se os resultados, os valores médios são considerados iguais e, não havendo diferença, significa que a perda de humidade não depende das proporções da fibra na mistura.

- Comparação entre as combinações PES/AQT e PP/AQT

Apenas na combinação 34%PP/AQT é considerada estatisticamente superior a influência da fibra no comportamento de perda de humidade. Em todos os níveis de composição, as misturas com PP apresentam maior perda de humidade, mas com baixos níveis de significância.

- Combinações com OUT

Os níveis de 50% e 83% de OUT nas combinações com PES apresentam o mesmo nível de significância, podendo afirmar-se, desta forma, que, aos maiores níveis de OUT ocorre maior perda de humidade a 20°C .

A análise estatística permite inferir que apenas ao nível de 50% OUT apresenta significância sobre a perda de humidade nas misturas com PP.

- Comparação entre as combinações PES/OUT e PP/OUT

Comparando os dados relativos à libertação da humidade nas composições PES/OUT e PP/OUT pode-se concluir-se que a percentagem de 50% de OUT fornece o melhor nível de perda de humidade nas duas combinações e a percentagem de 34%OUT, o pior resultado.

- Combinações com DR

A análise evidencia que todas as combinações com PES afectam o desempenho de perda de humidade. Verifica-se, ainda, que a combinação 50%DR apresenta o menor nível de humidade, o que significa o melhor resultado.

Estatisticamente, as quatro combinações PP/DR apresentam evidência estatística de que afectam a perda de humidade, sendo que os níveis 50%DR e 83%DR afectam de igual forma esta propriedade. Pode-se inferir que, quanto menor o percentual de DR, maior a significância sobre esta propriedade.

- Comparação entre as combinações PES/DR e PP/DR

De acordo com as evidências estatísticas, pode inferir-se que apenas os menores níveis de DR (34% e 50%) nas combinações (PES e PP), apresentam influência significativa relativamente à perda de humidade.

5.4.2 Propriedade térmica

5.4.2.1 Condutividade térmica

- Combinação com OUT

Uma avaliação estatística confere que todas as combinações PES/OUT afectam significativamente a condutividade térmica, sendo que a combinação com 83%OUT apresenta maior nível de significância, o que implica que nesta percentagem ocorre maior isolamento térmico.

Há evidências de que a condutividade térmica é afectada pelos três níveis de PP/OUT, sendo que os níveis de 50% e 83%OUT apresentam evidência significativa semelhante. Assim, pode afirmar-se que os referidos níveis têm a mesma influência sobre a condutividade térmica.

- Comparação entre as combinações PES/OUT e PP/OUT

A análise estatística permite inferir que nas três combinações (34%, 50 e 83%OUT) o melhor resultado é observado para as malhas produzidas com PES.

5.4.3 Propriedade física

5.4.3.1 Cair

Analisou-se estatisticamente o comportamento do cair nas combinações de PES e PP com a fibra PBT.

- Combinações com PBT

A análise dos dados representados graficamente indica que não há evidência estatística entre os valores médios do coeficiente F, o que significa que a adição de PBT não influencia o cair das malhas tanto nas combinações com PES como nas combinações com PP.

- Comparação entre as combinações PES/DR e PP/DR

Da observação conjunta entre os dados das combinações de PBT com PES e com PP, conclui-se que, embora todos os valores sejam considerados melhores para as combinações com PES, porque estes são inferiores, não existe diferença estatisticamente significativa para afirmar que a melhor combinação é de PBT com PES.

5.5 CONCLUSÕES

Ao final desta análise efectuada permite-se retirar as seguintes conclusões:

- Verifica-se, de uma maneira geral, que os melhores resultados na capilaridade horizontal e vertical são verificados nas combinações com PES, especialmente as produzidas com OUT. No sentido horizontal destacam-se as seguintes combinações: 83%OUT, 66%AQT, 50%PBT e 34%BA. No sentido vertical, para além dos resultados obtidos com OUT, as combinações AQT (50% e 66%) e BA (34%) apresentaram igualmente bons resultados.
- Relativamente à perda de humidade, as misturas com PP libertam a humidade com maior rapidez. À temperatura de 20°C, as diferenças existentes entre as combinações com PP e PES são estatisticamente insignificantes, como justificado anteriormente. Sob a temperatura de 35°C destacam-se as misturas com PP contendo 17%PBT, 17%AQT e 83%BA e com PES, as 34%OUT e 66%DR.
- Nas propriedades de permeabilidade – tanto ao vapor de água como ao ar – os resultados evidenciam que o melhor conjunto de valores é expresso nas malhas produzidas com PES, ressaltando-se aqueles que têm BA, OUT e DR na sua composição. Quanto à permeabilidade ao ar, os melhores resultados também são obtidos nas malhas produzidas com PES, embora possa destacar-se os resultados relativos às combinações PP/AQT.
- O desempenho no cair é indiferente às combinações das malhas.

CAPÍTULO 6

Análise das propriedades de malhas funcionais de dupla face

Os resultados obtidos no Capítulo anterior sobre o desempenho das fibras misturadas em malhas de trama, serviram de base ao trabalho que se apresenta no âmbito deste Capítulo e que se prende com o estudo do desempenho funcional de uma malha em estrutura de dupla face, jersey vanizado, produzida a partir de um tear de jogo 28.

O objectivo principal é estudar o desempenho da estrutura seleccionada para a T-shirt a desenvolver. Assim, como se trata de uma malha de dupla face, a face exterior será utilizada para trabalhar a componente estética da T-shirt, sem menos menosprezo, claro, da componente funcional e a parte interior servirá de base para a distribuição das funcionalidades, uma vez que se posiciona junto ao corpo.

6.1 MATERIAIS

Para a face exterior foram seleccionados fios de poliéster (PES) e de polipropileno (PP), enquanto que para a face interior seleccionaram-se fios funcionais de gestão e controlo da humidade, termoregulação e elasticidade, tais como o Coolmax, Dry-release, Outlast, PBT e elastano.

Seguindo a mesma metodologia do capítulo anterior, foram realizados ensaios para conhecimento das suas propriedades de regulação da humidade, térmicas e físicas. Os resultados obtidos foram utilizados para o desenvolvimento da T-shirt multifuncional.

6.1.1 Fibras e fios

O Quadro 6.1 apresenta as especificações das fibras utilizadas nesta fase do trabalho.

Quadro 6.1 – Fibras utilizadas no trabalho experimental				
Fibra de base	Densidade (g/cm ³)	Comprimento (mm)	Nome comercial	Funcionalidade
Poliéster (100%)	1,38	Filamento contínuo	Trevira Poliéster (PES)	Fio de base
Polipropileno (100%)	0,91	Filamento contínuo	Elastano White	Fio de base
Poliamida (100%)	1,14	Filamento contínuo	Poliamida	Cobertura do elastano
Poliuretano (100%)	0,91	Filamento contínuo	Elastano	Elasticidade
Poliéster (100%)	1,38	Filamento contínuo	Pes-Coolmax	Controlo da humidade
Poliéster (85%) Algodão (15%)	1,38	36,4	Dry release (DR)	Controlo da humidade e secagem rápida.
Viscose (100%)	1,52	34,8	Outlast (OUT)	Regulação térmica
Polibutileno tereftalato (100%)	1,31	Filamento contínuo	PBT	Elasticidade

Nesta etapa as malhas produzidas apresentam as propriedades dimensionais que serão posteriormente utilizadas na confecção da T-shirt. Neste sentido, o elastano foi incluído na

produção das mesmas, para promover o contacto da malha com o corpo humano maximizando-se, desta forma, as funcionalidades. Para fornecer maior conformabilidade da malha ao corpo, foram utilizados os fios de PBT e o de elastano (poliuretano – PU recoberto por poliamida – PA).

As Figuras 6.1a e 6.1b mostram as fibras utilizadas em corte transversal e longitudinal.

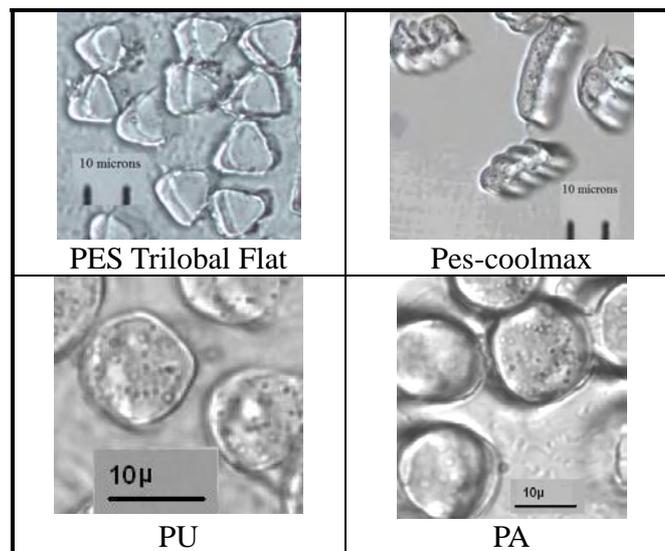


Fig. 6.1a – Imagens microscópicas da secção transversal das fibras utilizadas

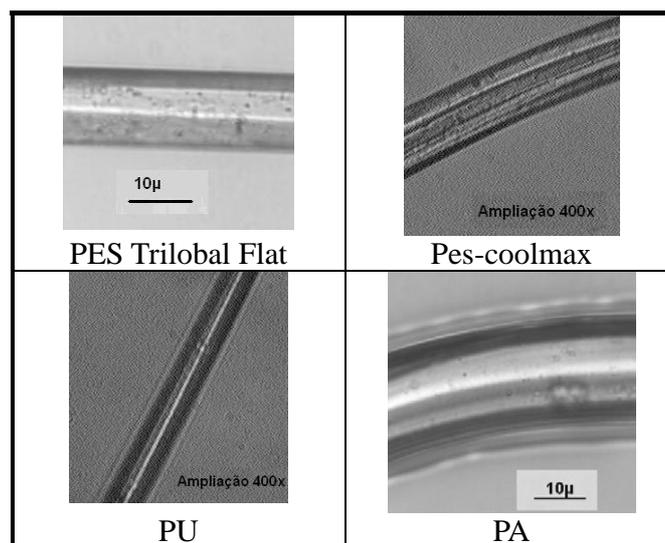


Fig. 6.1b – Imagens microscópicas da vista longitudinal das fibras utilizadas

Numa análise microscópica da secção transversal, verifica-se que o Pes trilobal flat apresenta com bastante definição a sua forma. Embora a imagem do Pes-coolmax não esteja muito definida, verifica-se que tem forma irregular, sugerindo a formação de canais em seu contorno. As fibras de PU e PA apresentam forma arredondada.

O Pes trilobal flat, o PU e o PA apresentam secção longitudinal habitual, entretanto, pode afirmar-se que no sentido longitudinal, a fibra de Pes-coolmax apresenta algo como canais, o que é esperado, uma vez que se constata sua secção transversal com irregularidades.

O Quadro 6.2 mostra as características dos fios utilizados na produção das malhas.

Quadro 6.2 – Fios utilizados no trabalho experimental				
Composição	Massa linear (Tex)	Nº de filamentos	Nº de cabos	Tipo
Poliéster (PES) (100%)	11	70	1	Texturizado
Polipropileno (PP) (100%)	8,7	40	1	Texturizado
Poliamida (PA) (100%)	2,4	7	1	Texturizado
Poliuretano (PU) (100%)	2,2	20	20	Multifilamento
Poliéster (Pes-Coolmax) (100%)	8,7	47	1	Texturizado
Poliéster (85%) Algodão (15%) (DR)	11,6	–	1	Fiado
Viscose (OUT) (100%)	20	–	1	Fiado
Polibutileno tereftalato (PBT) (100%)	2,2	9	1	Texturizado

Tal como observado no Quadro 6.2, os diversos fios variam significativamente nas suas características. Entretanto, garantidas as suas funcionalidades, serão combinados e produzidas as malhas a serem ensaiadas.

6.1.2 Malhas

A estrutura em jersey vanizado é produzida normalmente em tear circular e utiliza guias fios especiais alimentando dois fios simultaneamente originando a produção de uma

estrutura em dupla face tal como pode ser verificado na Figura 6.2.

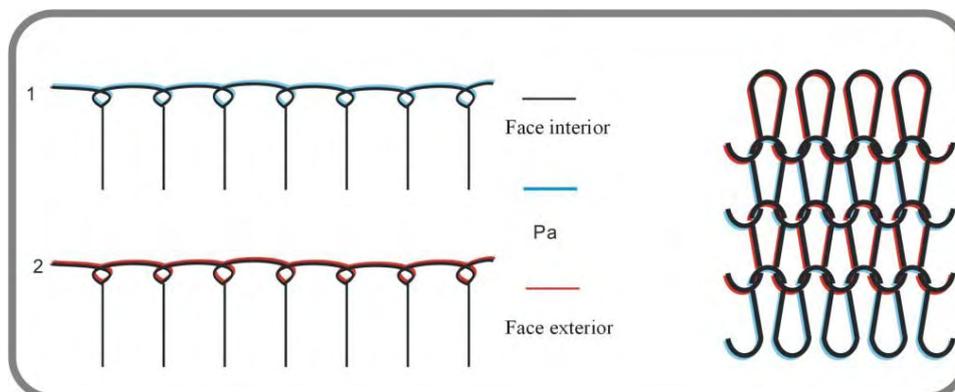


Fig. 6.2 – Estrutura de malha jersey vanizado

As malhas foram produzidas com duas fibras distintas na face exterior, poliéster (PES) e polipropileno (PP), combinadas com fios com fibras funcionais, na face interior, conforme apresentado no Quadro 6.3. O fio de elastano foi recoberto com PA. O grupo de amostras em ensaio, foi subdividido em dois grupos, sendo que o Grupo 1 apresenta na face exterior o PES Trilobal Flat e o Grupo 2 o PP white cru.

Quadro 6.3 – Definição das malhas				
	Face exterior	Face interior		
		Fio Elástico	Malha	Fio funcional
Grupo 1	Pes Trilobal Flat	Pa white cru	PES-EL	Elastano
			PES-PESCo	Pes-coolmax
			PES-DR	Dry release
			PES-OUT	Outlast
			PES-PBT	PBT
Grupo 2	PP white	Pa white cru	PP-EL	Elastano
			PP-PESCo	Pes-coolmax
			PP-DR	Dry release
			PP-OUT	Outlast
			PP-PBT	PBT

Para a produção das malhas foi utilizado um tear seamless da marca Santoni de jogo 28 com 15” de diâmetro, tendo sido ajustado de igual forma para todas as malhas produzidas.

O Quadro 6.4 apresenta as especificações das malhas produzidas nesta fase experimental.

Quadro 6.4 – Propriedades dimensionais das malhas									
Malha	Comprimento de laçada (cm)		Massa linear do fio (tex)		Grau de aperto (k)	Massa (g/m²)	Nº columnas / cm	Nº fileiras/ cm	Espessura (mm)
	exterior	interior	exterior	interior					
PES-EL	15,14	15,78	11	2,2	21,91	126,47	16,0	19,6	0,87
PES-PESCoo	15,73	15,75	11	8,7	21,08	129,90	14,2	18,4	1,15
PES-DR	14,33	16,48	11	11,6	23,14	139,79	13,9	18,0	1,39
PES-OUT	15,1	17,77	11	20	21,96	135,28	14,8	17,4	1,29
PES-PBT	14,09	14,7	11	2,4	23,54	118,54	15,3	19,6	1,00
PP-EL	15,24	15,23	8,7	2,2	19,35	128,25	14,8	23,3	1,21
PP-PESCoo	15,19	15,97	8,7	8,7	19,42	121,62	14,1	19,2	1,21
PP-DR	15,18	16,28	8,7	11,6	19,43	131,49	14,0	18,0	1,37
PP-OUT	14,68	16,78	8,7	20	20,09	134,48	13,9	18,1	1,38
PP-PBT	14,86	15,23	8,7	2,4	19,85	113,99	15,0	22,4	1,24

6.2 ENSAIOS REALIZADOS

As malhas funcionais jersey vanizado produzidas foram ensaiadas para avaliação das seguintes propriedades:

a) Propriedades de regulação da humidade:

- capilaridade nos sentidos vertical e horizontal – procedimento interno;
- absorção da humidade – NP EN 1609;
- perda de humidade, à temperatura ambiente (20°C) e à temperatura da pele (35°C) – procedimento interno;

b) Permeabilidade:

- permeabilidade ao vapor de água – BS 7209: 1990
- permeabilidade ao ar – ISO 9237: 1995(E)

c) Propriedades térmicas:

- condutividade térmica – Handbook 11: 1974;

d) Propriedades físicas:

- cair – AFNOR – G07 – 109;
- rigidez à flexão – BS 3356: 1961.

6.3 RESULTADOS OBTIDOS

6.3.1 Combinações com Poliéster trilobal flat (PES)

6.3.1.1 Propriedades de regulação da humidade

A – Capilaridades horizontal e vertical

As Figuras 6.3a e 6.3b apresentam os comportamentos das malhas produzidas com PES trilobal flat na face exterior, relativamente à capilaridade horizontal e vertical. Os ensaios foram realizados nas duas faces, tendo em consideração tratar-se de uma malha dupla face e a diferença de funcionalidade das fibras utilizadas.

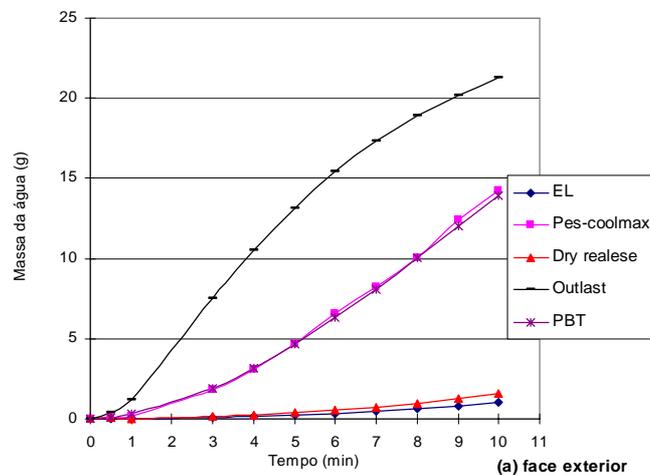


Fig. 6.3a – Capilaridade horizontal - face exterior

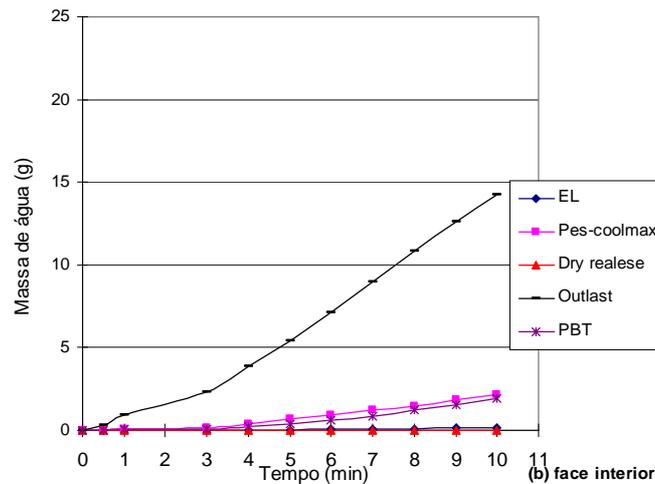


Fig. 6.3b – Capilaridade horizontal - face interior

Como demonstrado nas Figuras 6.3a e 6.3b, as malhas apresentam comportamento diferenciado em ambas as faces. Verifica-se que o movimento capilar é mais acentuado na face exterior, destacando-se as combinações com Outlast, seguidas pelas Pes-coolmax e PBT. A combinação com Outlast é a única que apresentou capilaridade na face interior, facto que pode ter ocorrido devido à composição desta fibra, composta por 100% viscose, fibra de alta hidrofiliabilidade e da sua forma transversal irregular. Importante salientar a importância da capilaridade na face exterior uma vez que esse fenómeno provoca a saída da humidade do corpo para o meio ambiente,

O comportamento capilar no sentido vertical é apresentado nas Figuras 6.4a e 6.4b – direcção colunas e fileiras.

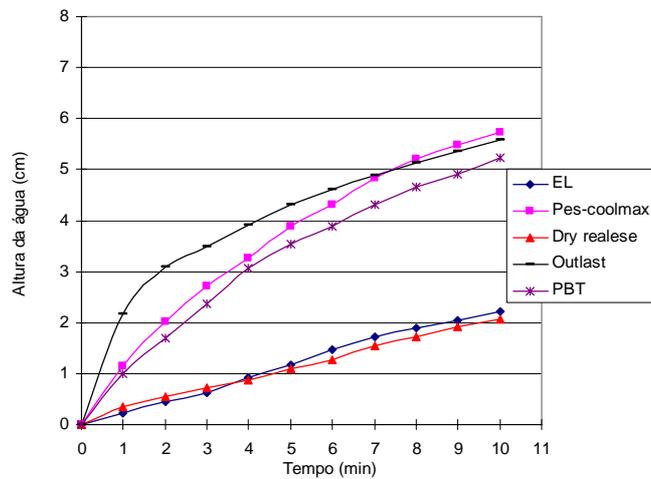


Fig. 6.4a – Capilaridade vertical - colunas

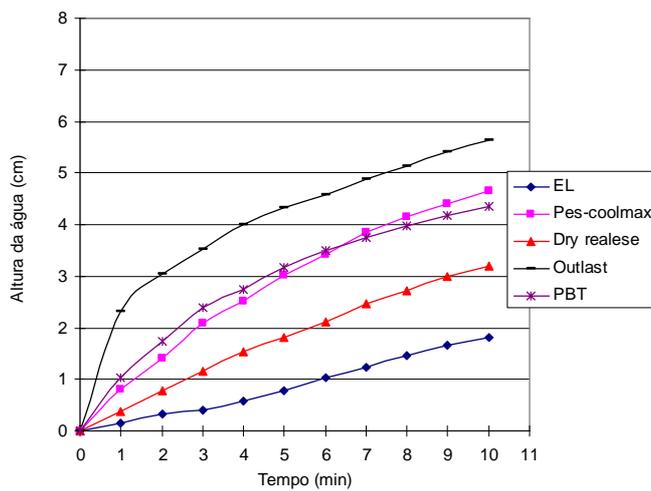


Fig. 6.4b – Capilaridade vertical - fileiras

A evolução das curvas mostra que a malha produzida com Outlast se destaca, principalmente nos cinco primeiros minutos, onde apresenta elevadas taxas de capilaridade, em ambas as direcções. O seu comportamento é seguido pelas malhas com Pes-coolmax e PBT, tendência igualmente presente na face exterior na capilaridade horizontal.

Verifica-se, ainda, que, na direcção das fileiras, o nível de capilaridade das demais malhas é superior, relativamente à direcção das colunas.

B – Absorção de gota de água

A Figura 6.5 mostra graficamente o tempo em que uma gota de água é absorvida, na face exterior e na face interior de cada malha.

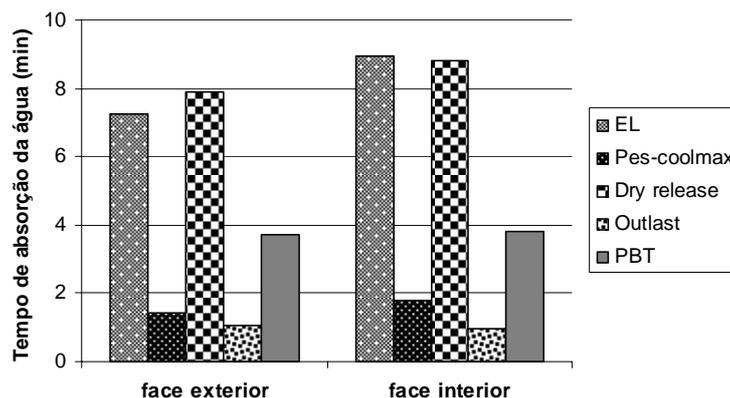


Fig. 6.5 – Tempo de absorção da gota de água

O gráfico acima corrobora o comportamento apresentado durante os ensaios de capilaridade. Tal como esperado, a malha com Outlast é a que absorve a humidade mais rapidamente, seguida da malha com Pes-coolmax. As malhas com EL e Dry release são as que demoram mais a absorver a humidade.

Pode ainda relatar-se que, à excepção da malha com Outlast, há uma clara tendência de que a face exterior absorve a humidade mais rapidamente. Esse comportamento era esperado, uma vez que, quando a face de PES trilobal flat está em contacto com a humidade, a sua capilaridade favorece o transporte de humidade até a face externa, e, em sentido contrário, quando em contacto com a humidade, as fibras funcionais tendem a absorver mais lentamente. Assim, pode afirmar-se que a estrutura trilobal da fibra seja um factor muito importante que favorece o movimento capilar.

Considerando o comportamento observado nas malhas com Outlast e Pes-coolmax, verificou-se mais detalhadamente, através de fotografia, o comportamento de absorção da gota, tal como se apresenta no Anexo XI.

Através das fotos apresentadas, é possível confirmar que a malha produzida com Outlast absorve a gota em menos tempo, quer na face exterior quer na face interior. Acredita-se que a capacidade dos grupos hidroxilos se combinarem com as moléculas de água seja o factor responsável pelo comportamento observado. Deve, também, ser considerada a forma da secção transversal, dado que sendo bastante irregular, favorece o movimento capilar assim como os processos de difusão e absorção da humidade.

C – Perda da humidade

As Figuras 6.6a e 6.6b representam a perda da humidade das malhas funcionais tendo como fio exterior o PES trilobal flat, às temperaturas de 20°C e 35°C, respectivamente.

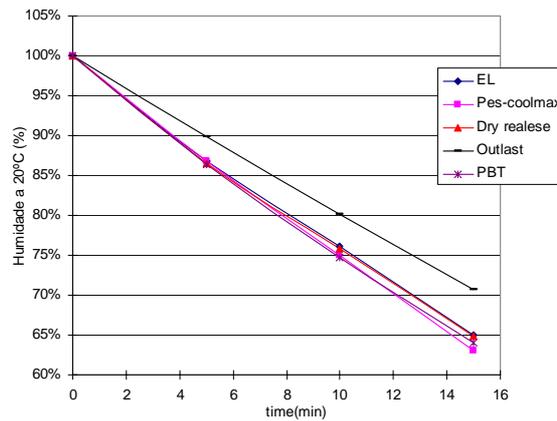


Fig. 6.6a – Perda da humidade a 20°C

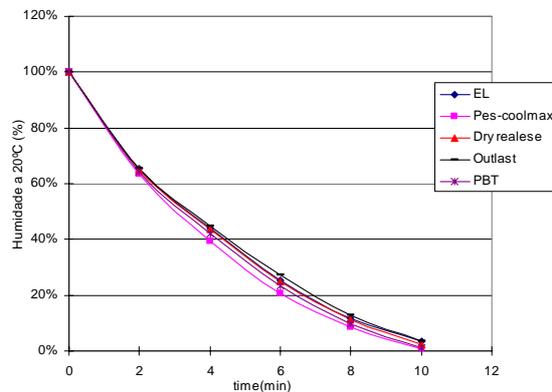


Fig. 6.6b – Perda da humidade a 35°C

O comportamento de perda da humidade sob as duas temperaturas (20°C e 35°C) apresenta pequenas diferenças entre as diversas malhas, em cada uma das temperaturas. Embora sendo pouco representativo, a malha com Outlast é a que retém mais humidade à temperatura de 20°C.

À temperatura de 35°C pode afirmar-se que todas as malhas têm comportamento semelhante (Figura 6.6b).

Era de esperar um comportamento diferenciado, também nesta propriedade, das malhas com Pes-coolmax e Dry release, uma vez que as fibras se propõem à gestão e controlo da humidade, através dos seus canais estruturais.

6.3.1.2 Propriedades térmicas

As Figuras 6.7a e 6.7b ilustram a resistência térmica obtida através do manequim térmico e do aparelho togmeter.

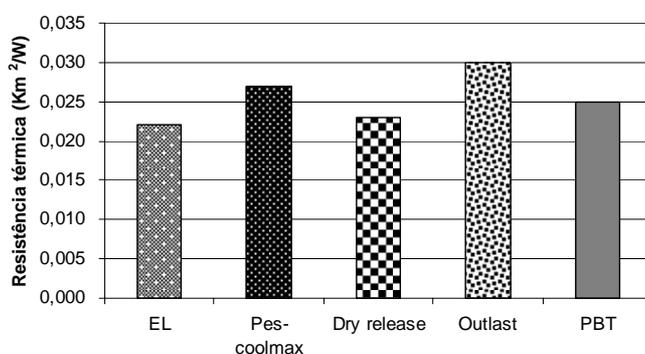


Fig. 6.7a – Resistência térmica - manequim térmico

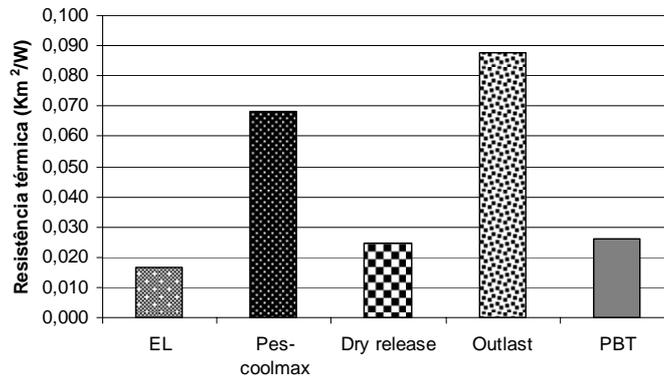


Fig. 6.7b – Resistência térmica - togmeter

Como demonstrado nas Figuras 6.7a e 6.7b, a variação das características térmicas acompanha o mesmo comportamento nos dois aparelhos de medição, onde as malhas com Pes-coolmax e Outlast apresentam maior resistência térmica. A malha com EL apresenta a menor resistência térmica. Contudo, percebe-se que no aparelho togmeter apresenta-se expressiva variação entre os valores das malhas ensaiadas.

A Figura 6.8 representa a unidade Clo de cada malha ensaiada.

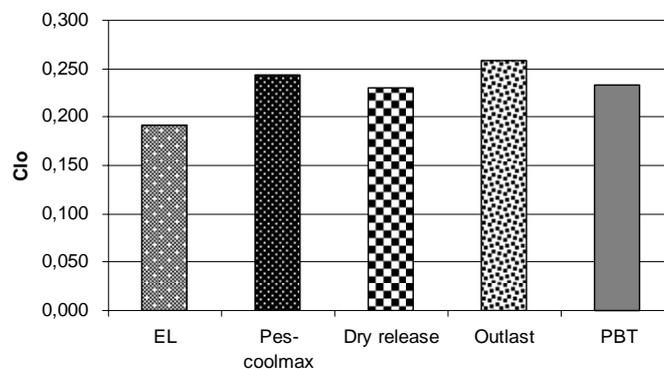


Fig. 6.8 – Unidade Clo

A unidade Clo, que representa o efeito isolante do vestuário, apresenta a mesma variação demonstrada na Figura 6.7a, uma vez que ambas as unidades significam valores necessários à manutenção da temperatura do corpo. Ao menor valor da unidade Clo está associada à menor capacidade de isolamento térmico, verificando-se dessa forma, que o maior

isolamento é demonstrado pela malha que contém Outlast.

6.3.1.3 Permeabilidade

A – Permeabilidade ao vapor de água

A Figura 6.9 mostra os resultados obtidos para a permeabilidade ao vapor de água das malhas ensaiadas. As características das fibras, dos fios e da malha são aspectos que influenciam e interferem na permeabilidade ao vapor, considerando que as características ambientais também podem interferir no desempenho do material.

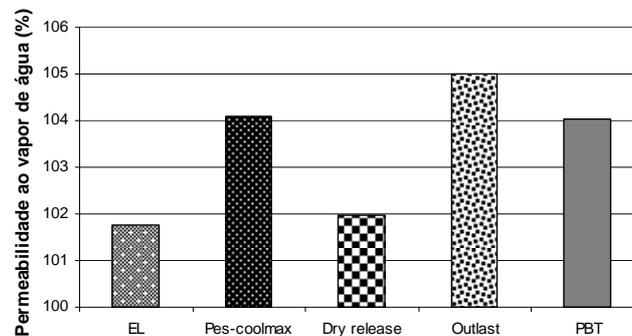


Fig. 6.9 – Permeabilidade ao vapor de água

Mais uma vez, as malhas com Pes-coolmax e Outlast apresentam o melhor desempenho, destacando-se o Outlast, produzidas com fios com propriedades de gestão da humidade; a malha contendo EL apresenta o pior desempenho nesta propriedade, tal como esperado, considerando-se que esta malha é produzida com fios sintéticos sem capacidade de absorção ou capilaridade.

B – Permeabilidade ao ar

A Figura 6.10a apresenta a permeabilidade ao ar das malhas que têm PES na face exterior.

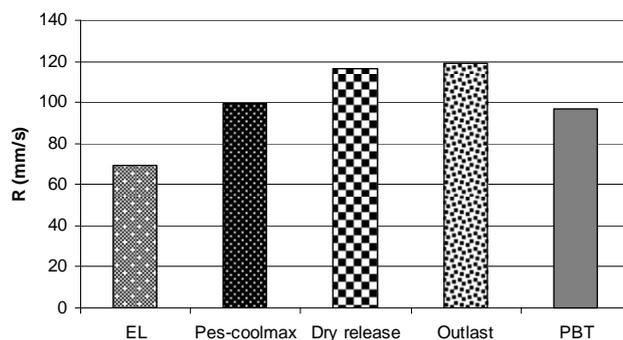


Fig. 6.10a – Permeabilidade ao ar

Na representação gráfica apresentada (Figura 6.10a), verifica-se que o Outlast tem a maior permeabilidade ao ar e que o EL apresenta a menor. Se for realizada uma correlação com a espessura das malhas, apenas a combinação com o PBT não segue a tendência de aumento da permeabilidade conforme aumenta a espessura, embora seja muito pequena essa diferença (Figura 6.10b). As demais combinações seguem essa tendência.

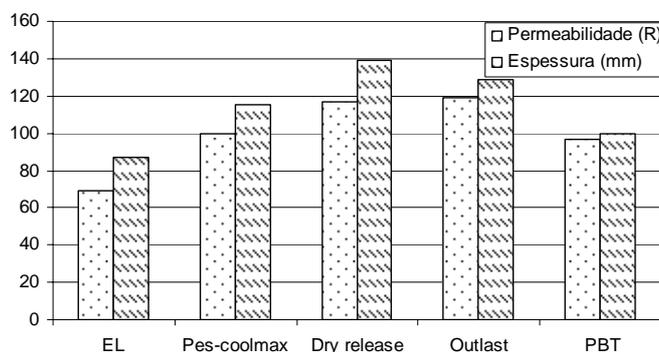


Fig. 6.10b – Permeabilidade ao ar vs espessura

6.3.1.4 Propriedades físicas

A – Cair

A Figura 6.11 mostra os resultados obtidos para o coeficiente de cair para as malhas investigadas.

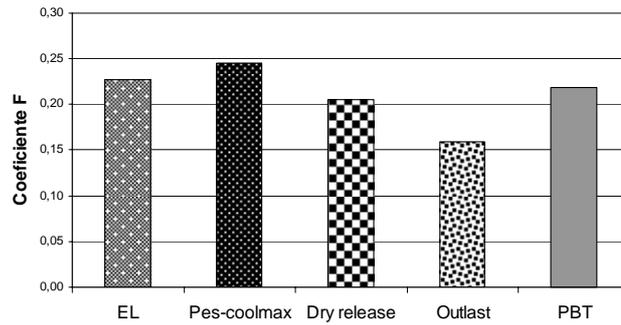


Fig. 6.11 – Cair

A visualização da representação gráfica do coeficiente indica que o melhor valor refere-se à malha produzida com Outlast e, embora a malha com Pes-coolmax tenha apresentado bons resultados noutras propriedades, no cair, o seu resultado é um dos piores, ficando abaixo apenas da malha com EL white.

B – Rigidez à flexão

Os resultados relativos à rigidez à flexão das malhas produzidas, nas direcções das colunas e das fileiras, apresentam-se na Figura 6.12.

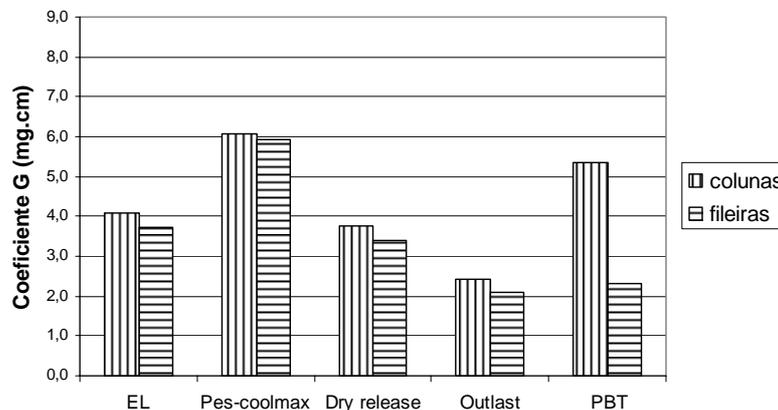


Fig. 6.12 – Rigidez à flexão

Uma análise do gráfico demonstra que a rigidez é mais significativa no sentido das colunas em todas as malhas. Observa-se igualmente que nas malhas com PBT essa diferença é mais acentuada que nas demais.

Verifica-se também, que a variação dos resultados é bastante similar ao do coeficiente F, o que reforça o comportamento de cada uma das malhas perante a necessidade de flexão e cair.

6.3.2 Combinações com Polipropileno (PP)

6.3.2.1 Propriedades de regulação de humidade

A – Capilaridades horizontal e vertical

As Figuras 6.13a, 6.13b, 6.14a e 6.14b representam graficamente a evolução das capilaridades horizontal e vertical das malhas produzidas com polipropileno na face exterior.

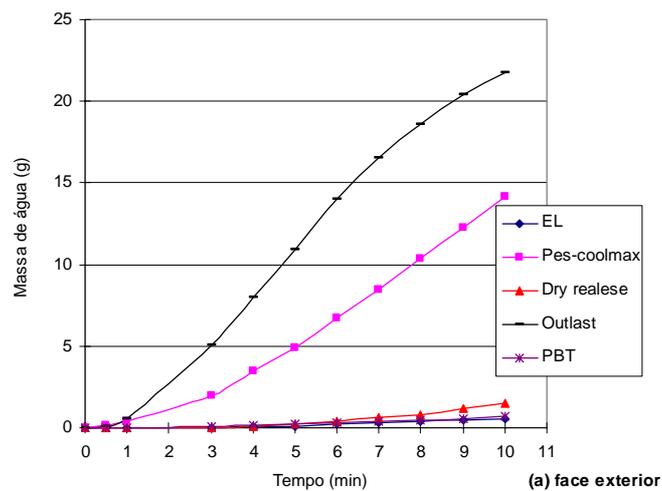


Fig. 6.13a – Capilaridade horizontal - face exterior

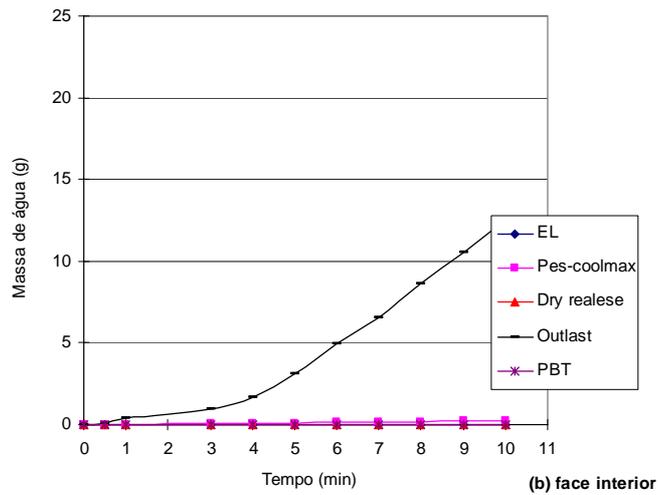


Fig. 6.13b – Capilaridade horizontal - face interior

Os resultados expressos nos gráficos mostram claramente que a combinação de PP com Outlast apresenta o melhor desempenho em ambas as faces. De referir que na face exterior verifica-se igualmente um bom desempenho da malha contendo Pes-coolmax na capilaridade horizontal. Este facto não é, no entanto, verificado na face interior.

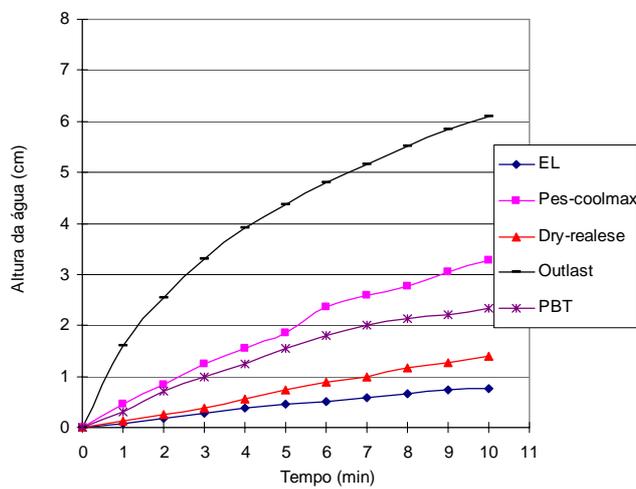


Fig. 6.14a – Capilaridade vertical – colunas

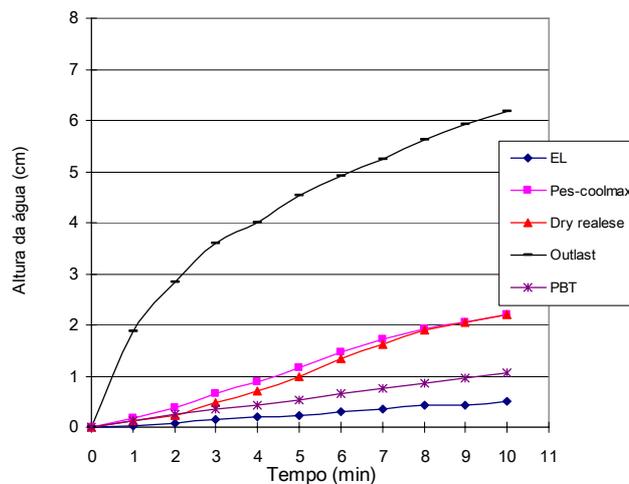


Fig. 6.14b – Capilaridade vertical - fileiras

A malha com a fibra de Outlast destaca-se nos processos de capilaridade vertical. As demais malhas têm comportamento inferior e muito similar entre si. Verifica-se que nos primeiros cinco minutos a capilaridade da malha com Outlast ocorre a elevadas taxas de crescimento.

B – Absorção de humidade

A Figura 6.15 apresenta os tempos observados no teste de absorção da gota de água com as malhas produzidas com PP. Tal como se pode verificar, os tempos de absorção obtidos apresentam-se bastante elevados, tendo-se considerado o tempo padrão de 15 minutos de absorção da gota, por considerá-lo como o referente ao tempo de sudoreação inicial do atleta.

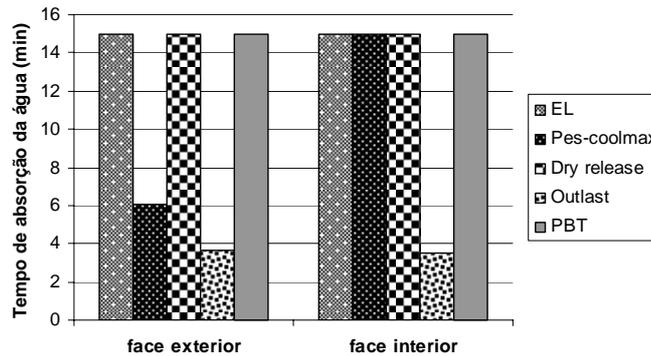


Fig. 6.15 – Tempo de absorção da humidade

Como demonstrado na Figura 6.15, as malhas produzidas com EL, Dry release e PBT demoraram mais de catorze minutos para absorver uma gota de água. Como era de esperar, as malhas produzidas com Pes-coolmax e Outlast apresentam comportamento diferenciado devido às características já relatadas.

Este comportamento das malhas com Pes-coolmax e Outlast foi acompanhado através de fotografias que podem ser visualizadas no Anexo XI.

Analisando a absorção da gota de água nas malhas produzidas com Pes-coolmax e Outlast, pode-se perceber os processos de difusão e absorção.

Em princípio, observa-se que quando a gota está em contacto com a face funcional das malhas a penetração da gota ocorre mais lentamente que na face oposta. Ao longo da evolução da penetração da gota observa-se que, até aos 3min, o melhor desempenho ocorre na malha com Pes-coolmax. Entretanto, aos 3min30s, a gota de água penetra na estrutura da malha com Outlast, seguindo o curso das fileiras, enquanto na malha com Pes-coolmax parte da gota ainda se encontra concentrada na superfície. Verifica-se que com o Pes-coolmax, são necessários 5min30s para que a gota penetre completamente na estrutura da malha.

Quando se observa a penetração da gota na face com PP, sendo a outra face constituída por Pes-coolmax, verifica-se que, até aos 16min30s, a gota encontra-se totalmente na superfície

da malha. Assim, a malha com Outlast tem melhor desempenho quando a gota de água se encontra na face interior, dado que aos 3min20s a gota já está completamente absorvida pela malha.

O tamanho aparente da gota reflecte o ângulo de contacto desta em relação à superfície do material têxtil. Existe uma relação entre o ângulo de contacto e o tempo de absorção e difusão da humidade mas, no tempo zero, quanto maior o ângulo de contacto maior quantidade de água pode ser absorvida. A capacidade de transportar a água pode ser atribuída aos capilares provenientes da irregularidade da forma transversal da fibra de Outlast e dos canais que a fibra de Pes-coolmax tem.

Desta forma, percebe-se que, ao analisar-se as características de gestão de humidade, é importante observar tanto o movimento capilar quanto o tempo de absorção dessa humidade.

C – Perda da Humidade

Os resultados obtidos nos ensaios de perda de humidade das malhas com PP estão representados nas Figuras 6.16a e 6.16b, que correspondem às temperaturas de 20°C e 35°C, respectivamente.

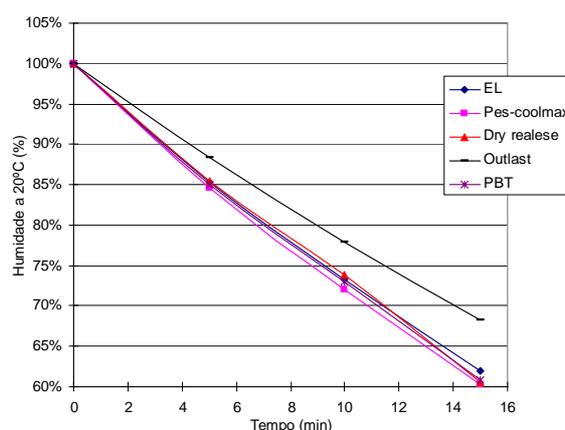


Fig. 6.16a – Perda da humidade a 20°C

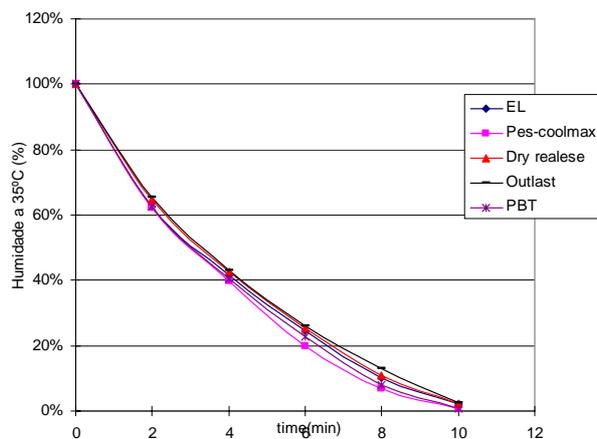


Fig. 6.216b – Perda da umidade a 35°C

Analisando os resultados é possível verificar que, mais uma vez, a malha com Outlast, à temperatura de 20°C, é a que apresenta menor perda de umidade, ainda que não seja tão grande essa diferença em relação às demais. Contudo, este comportamento pode ser justificado pela característica física – sua forma transversal irregular – e a hidroafinidade da fibra. Entretanto, verifica-se que todas as outras malhas apresentam comportamento semelhante entre si, quer seja a 20°C, quer seja a 35°C.

As fibras comerciais utilizadas neste estudo com características de controle e gestão da umidade – Pes-coolmax e Dry release – não apresentam o comportamento diferenciado o qual seria esperado em virtude de sua forma estrutural.

6.3.2.2 Propriedades Térmicas

A – Resistência térmica

Nas Figuras 6. 17a e 6.17b é possível visualizar a resistência térmica correspondente às malhas produzidas com PP, obtidas no manequim térmico e no togmeter.

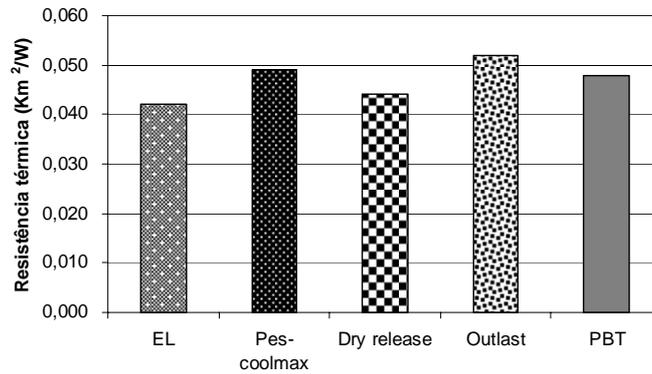


Fig. 6.17a – Resistência térmica - manequim térmico

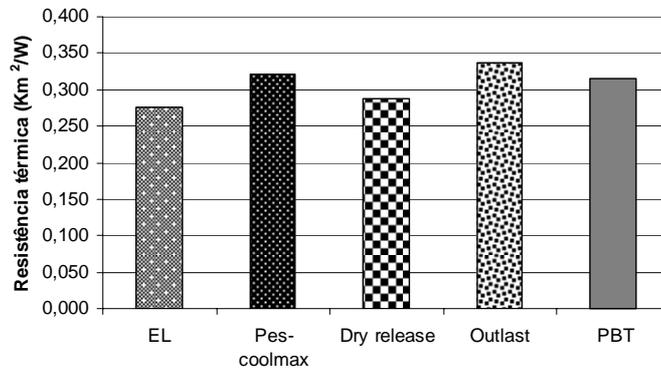


Fig. 6.17b – Resistência térmica - togmeter

Tal como esperado, a malha com Outlast fornece maior resistência térmica, seguida do Pes-coolmax. Estas duas fibras estão direccionadas para esta finalidade, a de fornecer maior equilíbrio termofisiológico ao utilizador. A malha com a fibra de PBT apresenta igualmente elevado nível de resistência térmica, ficando a malha com EL, com o pior desempenho, tal como esperado. Independentemente do equipamento utilizado, togmeter ou manequim térmico, a tendência observada em todos os materiais é a mesma, isto é, as observadas no manequim térmico são confirmadas pelo aparelho togmeter.

6.3.2.3 Permeabilidade

A – Permeabilidade ao vapor de água

A Figura 6.18 ilustra a permeabilidade ao vapor de água observada nas malhas investigadas.

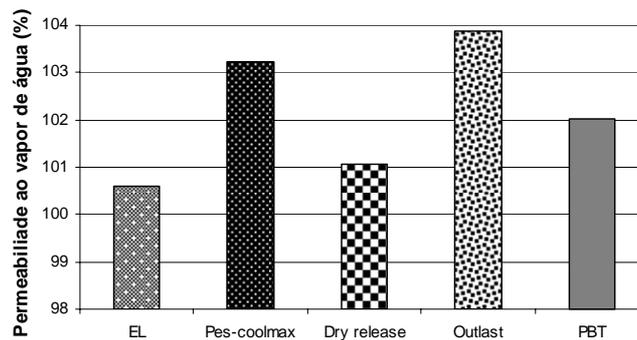


Fig. 6.18 – Permeabilidade ao vapor de água

Tendo em consideração os resultados obtidos para as malhas analisadas, percebe-se que todas apresentam elevado grau de permeabilidade ao vapor, destacando-se, no entanto, as malhas com Outlast e Pes-coolmax. A estrutura do fio e das fibras é o factor que mais influencia essa propriedade, assim, pode afirmar-se que as estruturas destas fibras foram determinantes nos resultados obtidos para esta propriedade.

B – Permeabilidade ao ar

A Figura 6.19 mostra factor R correspondente à capacidade de permeabilidade ao ar das malhas.

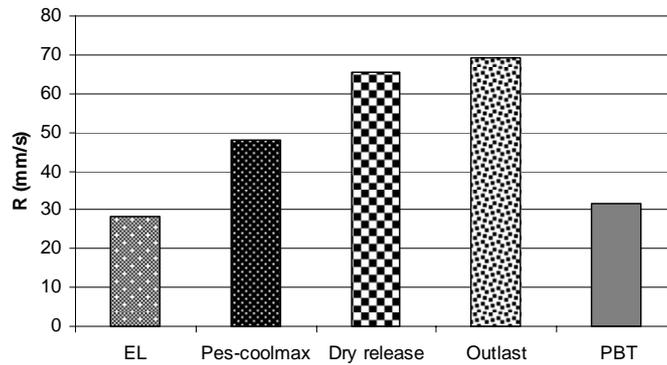


Fig. 6.19 – Permeabilidade ao ar

Conforme os resultados da Figura 6.22, pode afirmar-se que, para graus de aperto aproximados, as malhas com Outlast, Dry release e Pes-coolmax apresentam excelente capacidade de permeabilidade ao ar, ficando as malhas com PBT, EL com os piores resultados.

6.3.2.4 Propriedades Físicas

A – Cair

A Figura 6.20 mostra o coeficiente F, relativo à propriedade cair das malhas ensaiadas.

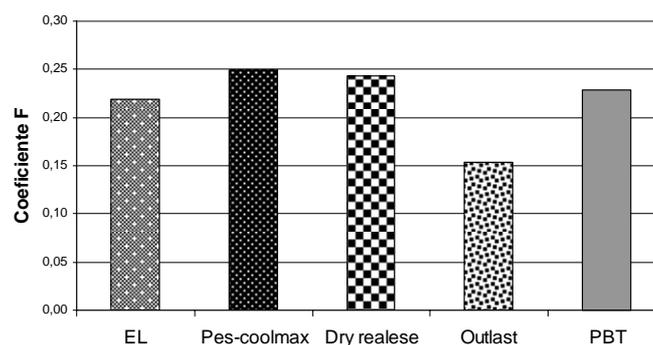


Fig. 6.20 – Cair

Observa-se que a malha com Outlast é a que possui o melhor cair. As malhas com Dry release e Pes-coolmax apresentam baixa capacidade de cair, comparadas com as demais. É

provável que o facto do Outlast ser uma fibra de viscose favoreça o resultado apresentado, uma vez que a viscose proporciona bom desempenho neste aspecto.

B – Rigidez à flexão

A Figura 6.21 ilustra o coeficiente de rigidez à flexão das malhas ensaiadas nas direcções das fileiras e das colunas.

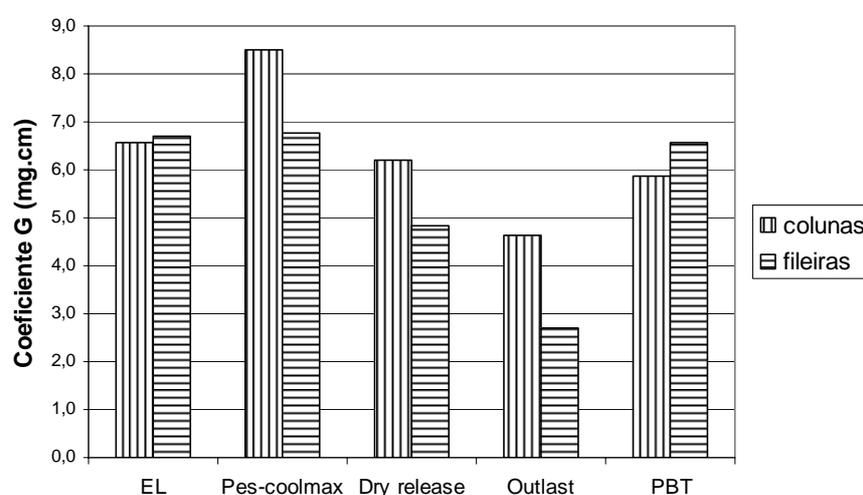


Fig. 6.21 – Rigidez à flexão

Verifica-se que na direcção das colunas a rigidez à flexão é mais acentuada nas malhas com Pes-coolmax, Dry release e Outlast, sendo que nas malhas com Pes-coolmax e Outlast a diferença entre os coeficientes das colunas e fileiras é bastante mais pronunciada. A malha com Outlast é a que apresenta o melhor desempenho, nos dois sentidos. Observa-se, ainda, que, no sentido das colunas, o pior coeficiente é o da malha com Pes-coolmax e, no sentido das fileiras, das malhas com EL, Pes-coolmax e PBT, que apresentam resultados muito aproximados.

6.4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

6.4.1 Propriedades de regulação da humidade

Tal como no capítulo anterior, a análise aqui apresentada pode ser acompanhada com a visualização dos gráficos estatísticos presentes no Anexo X.

6.4.1.1 Capilaridade horizontal

- Combinações com PES

A malha com Outlast apresenta o maior nível de significância, embora a composição de todas as malhas ensaiadas apresente significativa influência sobre a capilaridade, sendo que o par EL e DR e o par Pes-coolmax-PBT influenciam de igual forma.

- Combinações com PP

Comparando o desempenho nas malhas com PES e PP, é visível a diferença significativa no desempenho das malhas contendo Outlast entretanto, nas combinações com PP essa diferença é mais acentuada, relativamente às restantes malhas. Portanto, considerando o elevado nível de capilaridade da malha com Outlast, analisou-se estatisticamente, em separado, o comportamento das demais malhas funcionais.

Verificou-se que:

- As malhas com EL, DR e PBT têm a mesma influência nesta propriedade, com influência significativamente inferior às malhas com Pes-coolmax e Outlast;
- O nível de influência da malha com Pes-coolmax difere significativamente apenas da malha com EL;
- A influência da malha com Outlast é semelhante à da malha com Pes-coolmax e significativamente superior às demais.

- Comparação entre as combinações com PES e PP

A partir da análise realizada, pode afirmar-se que, em todas as combinações os melhores resultados são encontrados nas malhas produzidas com PES.

6.4.1.2 Capilaridade vertical

- Combinações com PES

As malhas com Pes-coolmax e Outlast apresentam uma influência significativamente superior às das outras combinações, relativamente à capilaridade vertical.

- Combinações com PP

A combinação com Outlast apresenta influência significativa na capilaridade vertical. Dentre as demais malhas, destacam-se o Pes-coolmax e o PBT que, estatisticamente, apresentam a mesma influência na capilaridade. A influência das restantes é considerada insignificante.

- Comparação entre as combinações com PES e PP

Comparando-se as combinações com PES e PP pode concluir-se que há evidência estatística de que todas as combinações com PES apresentam influência mais significativa do que as combinações com PP, sobre a capilaridade vertical das malhas.

6.4.1.3 Perda de humidade a 20°C

- Combinações com PES

Há evidência de que, à excepção do Outlast, todas as malhas têm influência significativa na perda de humidade. Dessa forma, conclui-se que a malha com Outlast demora um pouco

mais a libertar a humidade que as demais.

- Combinações com PP

A malha com Pes-coolmax influencia a perda de humidade com maior significância que as demais. As outras combinações influenciam igualmente a perda de humidade.

- Comparação entre as combinações com PES e PP

De entre todas as combinações analisadas, as malhas que foram produzidas com PP apresentam influência mais significativa na perda de humidade do que as malhas produzidas com PES.

6.4.2 Propriedade física

6.4.2.1 Cair

- Combinações com PES e PP

Nos conjuntos destas combinações, verificou-se que não há evidência estatística de um comportamento distinto para a variável cair, assim, pode afirmar-se que, independentemente da combinação, o cair é semelhante.

- Comparação entre as combinações com PES e PP

Os resultados evidenciam que:

- Nas malhas com as fibras EL, Pes-coolmax e Outlast o cair é mais significativo quando combinadas com PP;
- As malhas com DR e PBT influenciam mais significativamente mais o cair quando produzidas com PES.

6.5 CONCLUSÕES

No que diz respeito ao comportamento das malhas nos ensaios relativos às propriedades de gestão da humidade, podem ser apresentadas as seguintes conclusões:

– As malhas com a fibra Outlast apresentam o melhor nível de capilaridade horizontal tanto quando molhada a face exterior, quanto quando molhada a face interior, quer seja na combinação com PES trilobal flat, quer seja com PP; verifica-se também, que, quando molhada a face interior, o comportamento da combinação PP/Outlast é superior a todas as observações, principalmente nos cinco primeiros minutos.

– Relativamente à capilaridade vertical, os melhores resultados são obtidos com as misturas com Outlast, tanto no sentido das colunas como no sentido das fileiras. As malhas com Pes-coolmax e PBT apresentam bom desempenho nas misturas com PES em ambos os sentidos. Nas demais combinações a capilaridade pode ser considerada insignificante.

– Nos ensaios de molhagem a difusão da gota de água ocorreu com mais velocidade em todas as malhas com PES. Destacam-se, principalmente, as malhas com Outlast e Pes-coolmax.

– No processo de perda da humidade, verifica-se que as malhas com Outlast retêm mais humidade que as demais, à temperatura de 20°C. Quando na temperatura de 35°C, todas as combinações apresentam desempenho semelhante, libertando a humidade na mesma velocidade.

Como esperado, verifica-se que as malhas com Outlast e Pes-coolmax apresentam o melhor desempenho de gestão da humidade. Por serem fibras não naturais são produzidas com finalidade de melhorar a performance, a estrutura física e química do Outlast favorece o comportamento em análise.

De um modo geral, as combinações com PES apresentam melhor desempenho de gestão e controlo da humidade do que as com PP. Nas malhas com PES trilobal flat, pode ser atribuído um maior número de capilares entre fios e laçadas uma vez que o conjunto do factor de cobertura é superior ao das malhas com PP.

Relativamente às propriedades térmicas, as misturas com Outlast e Coolmax destacam-se igualmente no nível de resistência térmica, principalmente quando combinadas com PES trilobal na face exterior, uma vez que impõem maior barreira de variação da temperatura do utilizador. Contudo, as demais combinações com PP apresentam o melhor desempenho.

Na permeabilidade ao vapor de água todas as combinações com PES apresentam o melhor comportamento, destacando-se as que contêm Outlast e Pes-coolmax.

Para a permeabilidade ao ar, as misturas com PES apresentam melhor desempenho, destacando-se as misturas com Outlast e Dry release. Entretanto, verifica-se também que os resultados com as malhas com PP na face exterior apresentam a mesma tendência.

Nas propriedades físicas de rigidez à flexão as misturas com PES apresentam menores coeficientes o que representa melhor capacidade de flexão e de se adaptar às formas e movimentos do utilizador, assim como, também de facilitar os processos de corte e montagem de peças do vestuário. Entretanto, na propriedade cair, algumas malhas produzidas com PP têm maior destaque.

Com base nos resultados apresentados, decidiu-se desenvolver a T-shirt com malha jersey vanizado, tendo na face exterior o fio de poliéster e na face interior, fios multifuncionais.

Verificou-se, através do resultado dos inquéritos, as zonas de maior sudação do atleta, sua necessidade de uma T-shirt com características de libertação da humidade e de controlo térmico e a possibilidade de uma T-shirt mais justa ao corpo. Através da análise das T-shirts actualmente utilizadas pelos atletas, conclui-se que é descartada a existência de forro.

A ausência de costuras é possibilitada pela tecnologia Seamless assim como, também, a produção de uma T-shirt com funcionalidades localizadas de acordo com as reacções fisiológicas do corpo em actividade, satisfazendo a premissa de que “o equipamento influencia o desempenho do atleta”.

CAPÍTULO 7

Desenvolvimento de T-shirts multifuncionais para futebol profissional

7.1 DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO

Definidos o produto e o processo de fabrico, é chegado o momento do desenvolvimento do protótipo: uma T-shirt de malha, produzida em máquina *Seamless*, estrutura jersey vanizado, com multifuncionalidade aplicada através do processo patchwork.

7.1.1 Requisitos

Para o desenvolvimento de um produto, no caso específico da T-shirt multifuncional, é fundamental conhecer os requisitos necessários, a fim de que o objectivo pretendido neste trabalho seja alcançado. Para além das informações técnicas, os dados colhidos através dos inquéritos aplicados aos jogadores de futebol profissional, serviram como ferramentas que nortearam a definição destes requisitos. Os recursos utilizados foram

fundamentais para a implementação dos requisitos listados a seguir e que possibilitaram a definição do design da T-shirt multifuncional.

QUADRO 7.1 – Requisitos e recursos para a multifuncionalidade da T-shirt	
Requisito	Recurso
<ul style="list-style-type: none"> • Eliminação de costuras • T-shirt junto ao corpo 	Tecnologia
<ul style="list-style-type: none"> • Distribuição das funcionalidades em determinadas áreas da T-shirt 	Técnica patchwork
<ul style="list-style-type: none"> • Transferência de humidade do corpo para o meio ambiente • Combinação estética (exterior) e funcionalidade (interior) 	Tipo de estrutura
<ul style="list-style-type: none"> • Prevenção da proliferação de microrganismos • Prevenção do stress térmico • Eliminação da humidade 	Materiais

Através da produção no tear *Seamless*, a T-shirt foi produzida sem costuras laterais e fica colada ao corpo. Paralelo a essa tecnologia, utilizou-se o processo *patchwork*, o qual possibilita que as funcionalidades sejam localizadas em áreas predeterminadas.

O jersey vanizado constitui-se numa estrutura dupla face na qual a face exterior foi trabalhada a componente estética e, a face interior, a componente funcionalidade. As diferentes combinações de fios aliadas à estrutura permitem a transferência de humidade do corpo para o exterior.

Os fios utilizados com propriedades de bioactividade, termoregulação e controlo e gestão da humidade foram distribuídos da maneira programada, a fim de que suas funcionalidades sejam maximizadas.

7.1.2 Design proposto

A Figura 7.1 ilustra a localização das funcionalidades na T-shirt desportiva. A face exterior da T-shirt é integralmente produzida com fio PES com secção transversal, trilobal, no sentido de permitir o rápido transporte e evaporação da humidade para o exterior. A face interior, composta por vários fios funcionais, está descrita a seguir.

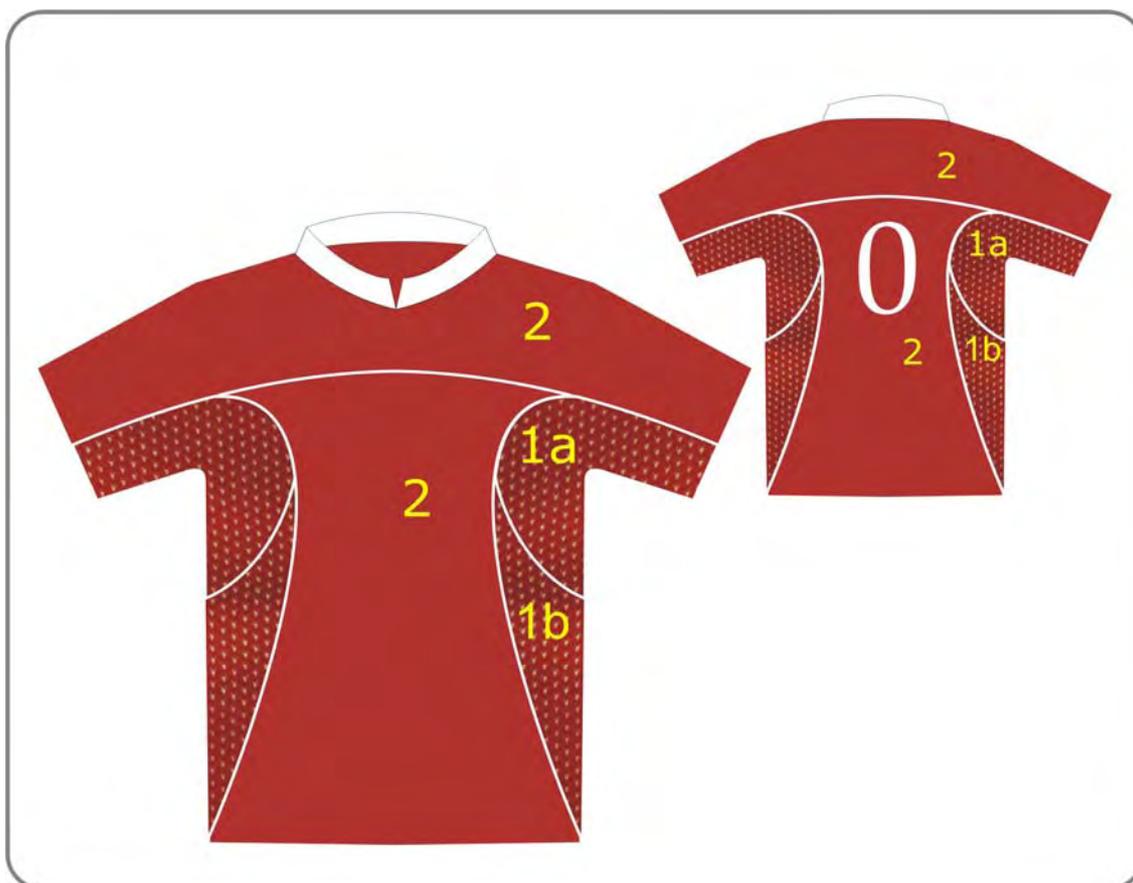


Fig. 7.1 – Design proposto da T-shirt (visão frontal e visão posterior)

Tal como se pode verificar na Figura 7.1, o interior da T-shirt encontra-se dividido em três áreas distintas:

Áreas 1a e 1b – Estrutura jersey vanizado aberta, de factor de cobertura inferior à área 2, ao nível de 30%. Face exterior em poliéster e face interior dividida em duas áreas funcionais 1a e 1b).

Área 1a – Face exterior em fio de poliéster e face interior contendo fio de fibra bioactiva que evita a acção de fungos e bactérias.

Área1b – Face exterior em poliéster e face interior contendo fio com propriedade de gestão de humidade.

Área 2 – Face exterior contendo fio em poliéster, e face interior com fio de fibra com propriedade de termorregulação.

Estrutura e funcionalidades definem a construção de cada área, neste sentido, convém esclarecer que:

- A área 1a) engloba toda a zona da axila e é normalmente caracterizada pela elevada produção de suor do atleta pelo que, nesta área, se utilizam fios formados por fibras bioactivas e de gestão de humidade, no sentido de permitir um rápido transporte do suor gerado para o exterior e evitar o aparecimento de micoses. Por outro lado, nesta zona a malha apresenta-se numa estrutura mais aberta, ou seja, com um grau de aperto menor.
- Na zona 1b), as laçadas produzidas com fios com propriedades de regulação de humidade favorecem a evaporação da humidade, enquanto a estrutura de malha mais aberta, tal como na área anterior, permite maior penetração do ar no microclima.
- Na área 2, a maior, englobando a zona do tronco frontal e das costas, utiliza-se uma estrutura formada por laçadas normais e com factor de cobertura maior que nas restantes áreas descritas. Nesta área os fios são formados por fibras com características termoreguladoras e de gestão de humidade.

7.1.3 Tecnologia do fabrico

Em termos produtivos, o tear vai utilizar quatro alimentadores, o primeiro a trabalhar vai produzir a zona funcional (2), utilizando para isso um fio termoregulador. Terminando a produção desta zona entra em funcionamento o segundo alimentador que vai produzir a zona multifuncional (1a), utilizando dois fios, um termoregulador e um fio bioactivo.

De acordo com o desenho que representa a área de produção (Figura 7.1), após a conclusão desta zona ocorre nova troca directa de fios e entra em funcionamento o terceiro alimentador para a produção da zona multifuncional (2), que dispõe de um fio

termorregulador e outro regulador da humidade, trabalhando deste modo tal como na zona anterior a dois cabos.

Por fim, para produção da zona multifuncional (1b), entra em funcionamento o quarto alimentador que utiliza dois fios de regulação da humidade.

Esta T-shirt desportiva pode ter várias modificações nomeadamente no que respeita ao número de zonas e dimensão das mesmas e, ainda, relativamente às funcionalidades apresentadas por cada uma dessas áreas. A adaptação e fixação destes parâmetros permitem a adequação deste tipo de peças a mercados ou casos mais específicos e com necessidades de multifunções diferentes.

7.1.4 Ficha técnica de produção da T-shirt

A Figura 7.2 mostra a ficha técnica utilizada no processo de fabrico da T-shirt protótipo.

Ficha Técnica de Produção - Amostra

REF	TAMANHO	ARTIGO	CLIENTE	JOGO 28 T. MÁQ. SANTONI	Nº DE AGULHAS 1344 DIÂMETRO 15"
-----	---------	--------	---------	----------------------------	------------------------------------

CÓDIGO INTERNO FIO	CÓD FIO	FIOS USADOS	GASTOS FIOS (g)	ALIMENTADOR	TENSÃO GRAMAS	R P M	12" LFA	13" LFA	14" LFA	15" LFA	16" LFA	17" LFA	18" LFA
Ref	A	Pes 167/136/1	118 g	%	smart	5				340			
Ref	B	EI 17/44/34	12 g	%	kti	3							
Ref	C	Pes 78/68/2 bioactive	12 g	%	mola								
Ref	D	Pes 78/47/2 coolmax	25 g	%	mola								
Ref	E	CV 78/2 outlast	30 g	%	mola								
Ref	F		g	%									

TEMPO TOTAL PRODUÇÃO 11:26 min.s

PESO TOTAL PEÇA 197 g

OBSERVAÇÕES Composição do artigo 80%PES 15%CV 5%EL

Data

RUBRICA

Programa Acerto 51AC8415



Fig. 7.2 – Ficha técnica

Informações técnicas

A T-shirt multifuncional é produzida em malha jersey vanizada, num tear *Seamless* de jogo 28 (28 agulhas/polegada) com 8 alimentadores. O jersey vanizado produz a face exterior da T-shirt a partir de uma malha produzida apenas com laçadas normais com um fio de poliéster 100/70 trilobal flat, e a face interior com os fios funcionais – Coolmax[®], Trevira bioactive[®] e Outlast[®]. Esta malha apresenta as seguintes propriedades dimensionais:

Comprimento de laçada – 0,15cm

Nº de fileiras /cm – 19

Nº de colunas / cm – 16

Grau de aperto (factor de cobertura) – 21.9

Massa – 295g/m²

Peso da T-shirt – 197g

7.1.5 Descrição detalhada da peça

Como já mencionado, a T-shirt desportiva é produzida em malha de trama de dupla face vanizada, baseada numa estrutura multifuncional do tipo patchwork, onde áreas diferentes têm propriedades distintas de acordo com os requisitos específicos do corpo humano.

Deste modo, esta peça multifuncional com funções localizadas desempenha simultaneamente diferentes funções que contribuem para o aumento do bem-estar, conforto e desempenho de atletas de alta competição, sendo capaz de desenvolver funções adicionais para além das desenvolvidas pelas fibras convencionalmente utilizadas neste tipo de aplicação. Por outro lado, consegue-se a sua distribuição de forma racional e localizada, diminuindo-se ao mínimo possível a quantidade a utilizar para garantia do desempenho necessário.

O conceito *patchwork* presente nesta peça, caracterizado pela existência de diferentes zonas em termos de materiais utilizados numa mesma estrutura fibrosa, torna-se possível devido ao tipo de tecnologia utilizada para a produção da mesma.

Esta tecnologia, de malha de trama circular *Seamless*, apresenta, para além de mecanismos especiais ao nível da própria máquina, um software de realização de desenhos (sistema CAD), que possibilita a execução de programas onde podem ser realizadas diferentes zonas bem definidas. As zonas podem comportar materiais diferentes e/ou estruturas de malha diferentes, no sentido de se maximizar determinada função.

Em termos práticos a inserção dos fios nas diferentes zonas é realizada através da utilização de alimentadores onde se encontram os respectivos fios utilizados na produção da T-shirt.

A existência de zonas distintas, com diferentes combinações de materiais, significa que diferentes alimentadores estarão em operação, tendo cada um deles, pelo menos, um fio com uma propriedade funcional diferente.

Em cada uma das zonas, trabalha um alimentador, sendo que terminando a zona de trabalho do primeiro alimentador, existe uma troca directa de fios, ou seja, um novo alimentador inicia o seu trabalho, neste caso, o segundo, e assim sucessivamente.

Quando numa mesma zona existe mais do que uma função pode ser utilizada uma alimentação alternada ou a alimentação pode ocorrer a dois cabos, cada um com uma funcionalidade diferente, presentes num mesmo alimentador.

As funcionalidades apresentadas pela T-shirt desportiva são de três tipos: controlo da proliferação/aparecimento de microorganismos causadores de infecções e micoses, regulação da humidade, controlo da temperatura.

O controlo da proliferação/aparecimento dos microorganismos passíveis de criar infecções e micoses, é possível através da presença de fibras denominadas por bioactivas que oferecem, separada ou conjuntamente, um comportamento antibacteriano, antifúngico e anti-acáros. Neste grupo incluem fibras comerciais do tipo Trevira Bioactive[®], Amicor[®], Seacell[®], entre outras.

As fibras reguladoras da humidade fazem com que a humidade criada pelo corpo humano seja transportada rapidamente para fora da zona compreendida entre a pele e o vestuário interior, evitando a criação de um ambiente húmido, normalmente propício ao desenvolvimento de bactérias e fungos e à criação de desconforto no atleta. Dentro deste grupo de fibras incluem-se fibras como o Dri-release[®], Coolmax[®], Becool[®], entre outras.

A regulação da temperatura é proporcionada pela utilização de fibras termoreguladoras que permitem um controlo contínuo da temperatura, mantendo-a sempre próxima da do corpo humano. Neste grupo de fibras incluem-se o Outlast[®], o Finecool[®] e o Airclo[®], entre outras.

7.1.6 Design visual do protótipo

De acordo com as informações técnicas e a tecnologia do fabrico anteriormente mencionadas, a T-shirt produzida apresenta o aspecto visual demonstrado na Figura 7.3.



Fig. 7.3 – Design visual da T-shirt protótipo (visão frontal e visão posterior)

Algumas ideias surgiram a partir do protótipo e diversas T-shirts foram produzidas e comercializadas para equipas de futebol profissional e para o público em geral.

A Figura 7.4 demonstra algumas destas. Os detalhes em destaque mostram as diferenças de estruturas em diversas áreas da mesma.



Fig. 7.4 – T-shirts comercializadas

7.2 CONCLUSÕES

A T-shirt desenvolvida busca apresentar ao mercado um produto inovador, que forneça ao utilizador características únicas. Ser uma T-shirt sem costura ou ter funcionalidade não é novidade, mas uma T-shirt em que diversas funcionalidades estão distribuídas de acordo com as reacções fisiológicas do corpo humano na sua face interior, e que na face exterior se possa aliar funcionalidade ao colorido vibrante que o desporto requer e ainda produzida sem costura... sim, esse é um produto inovador. A união do processo – *patchwork* e da tecnologia – *seamless*, possibilitou uma T-shirt com estrutura que contém várias funcionalidades e sem costura.

O peso da T-shirt é de 197g e, se comparado ao peso das T-shirts analisadas, pode-se considerar que a mesma tem um peso ideal. A T-shirt com forro pesa 245,40g, as T-shirts sem forro pesam 158,30g e 162,10g, entretanto, as mesmas não contêm dupla camada nem dispõem de funcionalidades localizadas no sentido de maximizar seu desempenho.

Considerando a malha dupla face e as funcionalidades existentes, pode afirmar-se que o peso apresentado pela T-shirt corresponde às expectativas, uma vez que sua estrutura possibilita a transferência da humidade do corpo para o exterior, sem a necessidade do uso de T-shirt interior ou da presença de forro. Estes dois componentes aumentam o peso do vestuário principalmente quando o atleta se encontra suado, causando-lhe sensação desagradável.

Conscientes do poder que o produto teria sobre seus clientes, as empresas envolvidas passaram a produzir e comercializar T-shirts desportivas das equipas de futebol profissional, tanto para os jogadores como para o público em geral. Assim, T-shirts são baseadas no conceito proposto por este trabalho de investigação.

CAPÍTULO 8

Conclusões e perspectivas futuras

8.1 CONCLUSÕES

Para a indústria de produtos desportivos o conforto e o desempenho funcional transformaram-se em elementos de vantagem competitiva no mercado global. O conforto e o desempenho funcional têm sido identificados como os atributos mais importantes e procurados pelos consumidores modernos, especialmente em situações de uso dinâmico. Tendo sido notado que, no segmento desportivo, esse enfoque vem crescendo em detrimento do estilo, nalgumas vezes considerado como de importância secundária, é sabido que o aspecto visual é o que em primeira instância atrai o consumidor.

No final deste trabalho, pode concluir-se que propiciar conforto às pessoas nos dias actuais, é uma tarefa que todo profissional deve permear na sua prática diária, especialmente quando trabalha com o desenvolvimento de produtos do vestuário. Para o designer, esse aspecto é fundamental e imprescindível, tendo em conta que o utilizador tem que sentir conforto tanto pela face interna assim como pela face externa do vestuário, ou seja, o conforto fisiológico e o conforto psicológico, os quais o permitem sentir-se inteiramente à vontade.

Procurou-se, com este trabalho, propiciar maior conforto aos jogadores de futebol profissional através da concepção de uma T-shirt com fios funcionais localizados estrategicamente tendo em conta as necessidades do corpo, de acordo com suas reacções fisiológicas durante a prática desportiva. Os recursos tecnológicos favoreceram a investigação e o produto final disponível para a compreensão do seu desenvolvimento.

Esta, pode ser considerada uma investigação de sucesso, uma vez que, durante o seu decorrer, as empresas de produção e comercialização envolvidas desenvolveram uma T-shirt baseada no conceito deste Projecto.

A cronologia observada mostra que estas T-shirts vêm sendo comercializadas para as equipas de futebol do Vitória de Guimarães (desde Junho de 2007), Sporting Clube de Braga (desde Junho de 2007) e Clube Desportivo Trofense (desde Setembro de 2007), que as utilizam durante partidas de campeonatos e estão sendo comercializadas desde dezembro de 2007, sendo observada grande aceitação por parte dos adeptos das referidas equipas. Na presente época desportiva este conceito foi alargado a outra equipa da 1ª Liga Portuguesa.

Observando-se os resultados, a T-shirt desenvolvida apresenta características positivas que propiciam um melhor conforto ao jogador e, conseqüentemente favorecem o melhor desempenho.

Relativamente ao estudo sobre os materiais para o desenvolvimento da T-shirt, pode afirmar-se que as malhas nas quais a face exterior é de poliéster, apresentam os melhores resultados, por isso a escolha dessa fibra para a componente estética. Confirmando o uso da fibra de poliéster que é altamente difundido na indústria do vestuário em todos os segmentos.

Verifica-se, entretanto, uma crescente preocupação e interesse na indústria têxtil pela utilização da fibra de polipropileno em artigos para o desporto. A mais baixa densidade de entre as fibras têxteis, a sua resistência à humidade e à acção de fungos e bactérias, para além da fácil combinação com aditivos antimicrobianos para potencializar a sua acção, são alguns dos aspectos considerados na difusão da fibra de polipropileno para a produção de artigos de vestuário, nomeadamente o desportivo.

Devido ao êxito obtido com as empresas parceiras, conclui-se que o conhecimento científico produzido nas Universidades deve, cada vez mais, disponibilizar as investigações realizadas e os resultados delas obtidos e oferecê-los à sociedade, no sentido de melhor qualidade de vida.

Empresas com espírito inovador e empreendedor, tanto se beneficiam por se fazerem presentes no mercado pela prática desenvolvida quanto pela, conseqüente, maior produção e melhores dividendos (margens de lucro).

Finalmente, pode afirmar-se que o envolvimento Universidade *versus* meio produtivo só leva ao conhecimento da sociedade as evoluções decorrentes no eixo investigação & desenvolvimento e dele desfrutar os benefícios provenientes. Dessa forma, o meio acadêmico deve intensificar as relações universidade/empresa.

Outro aspecto que ressalta a importância do trabalho desenvolvido é a solicitação para o registro de patente do produto. Inicialmente reivindicada a produção de T-shirts, foi sugerido que seja reivindicada a técnica para a produção de artigos do vestuário em geral. Assim, verifica-se que o alto nível de significância do produto levou à abrangência de todo o segmento do vestuário.

8.2 PERSPECTIVAS FUTURAS

O presente trabalho abre as possibilidades de uma série de trabalhos e perspectivas futuras, tendo como base o tópico principal do projecto. Assim, entre as actividades a desenvolver pode-se enumerar:

- Repetir este estudo para temperaturas ambiente específicas, uma vez que são significativas as diferenças de temperatura entre as estações inverno e verão e, com isso, as reacções termofisiológicas dos atletas.
- A partir do conceito de patchwork, desenvolver vários modelos para diversas equipas de forma que as funcionalidades não sejam preteridas em detrimento do aspecto visual, mas que a estética seja beneficiada pela técnica.

- Produzir, testar e analisar a mesma peça tendo a face exterior com fios de polipropileno que futuramente devem surgir, com melhores propriedades para esta modalidade desportiva e que venham oferecer maior conforto ao atleta.
- Melhorar a técnica de produção na qual os fios, na separação de áreas funcionais, não apresentem pontas soltas na área interna. Actualmente, a peça é feita sem costura lateral mas as pontas dos fios aparentes na face interna dão um aspecto desagradável à mesma.
- Realizar estudo similar variando o sexo. Considerando que o futebol feminino é uma modalidade em crescente movimento de praticantes e adeptos, que participa de grandes eventos como as Olimpíadas e o Mundial, convém a realização de estudo específico, tendo em conta que a fisiologia feminina difere da fisiologia masculina em alguns aspectos. Pode ainda incluir-se um estudo comparativo entre os aspectos femininos e masculinos. Neste estudo também deve contemplar-se o design visual. A estética das T-shirts utilizadas na prática de futebol feminino não são nada “femininas”, porque as desportistas usam as mesmas T-shirts que os jogadores de equipas masculinas.
- Sugiro à Universidade do Minho investir na aquisição de uma câmara climática, e assim melhorar as condições de investigação relativamente aos estudos sobre conforto a serem realizados com o manequim térmico tornando os resultados cada vez mais efectivos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Shishoo, R, 2005, *Textiles in sport*, Woodhead Publishing Textiles, New York, pp 1-11.
- [2] Soutinho, HFC 2006, ‘Vestuário desportivo – novos desenvolvimentos e novas funcionalidades’, Tese de Mestrado de Design e Marketing, Universidade do Minho.
- [3] Kotler, P 2005, *Administração de marketing*, 12ed., Pearson Education do Brasil, São Paulo.
- [4] Kotler, P & Bes, FT de 2004, *Marketing lateral*, Editora Elsevier, Rio de Janeiro.
- [5] Acciolly, A 2000, *Marcas de valor no mercado brasileiro*, Editora Senac, São Paulo.
- [6] Sá, C & Sá, D 2002, *Marketing para desporto – um jogo empresarial*, Edições IPAM, Porto.
- [7] Committee on the Internal Market and Consumer Protection of the European Parliament *Professional sport in the internal market*, Sept, 2005, disponível em: <http://www.easesport.org/ease/fichiers/File/social-dialogue/sport27092005.pdf>
Acesso em 28/07/2006
- [8] Cenestap – Centro de Estudos Têxteis Aplicados 2004, *O Mercado de vestuário desportivo no Reino Unido*, Observatório Têxtil, Portugal.
- [9] Araújo, M 2005, Innovation in textiles, *Procedimentos do 5th Autex World Textile Conference*, Slovenia, pp. 1132-1134, vol. 2.
- [10] Kotler, P 1999, *Marketing para o século XXI*, Editora Futura, São Paulo.
- [11] Ibrahimo, M, Mendes, J. M. Z & Tenreiro, F 2001, *Economia do desporto*, Editora Vulgata, Lisboa.
- [12] Froes, SH 2003, ‘Materiais no desporto’, in Fortes, MA & Ferreira, PJ 2003, *Materiais dois mil*, IST Press, Lisboa, pp.503-511.
- [13] Filgueiras, A, Fangueiro, R & Soutinho, F 2006, Vestuário desportivo: desenvolvimentos recentes, *Revista Nova Têxtil*, Vol 81, Out/Nov/Dez, pp. 47-53.
- [14] Filgueiras, A, Fangueiro, R & Soutinho, F 2007, O Mercado dos têxteis aplicados ao desporto, *Revista Nova Têxtil*, Vol. 82, Jan/Fev/Mar, pp.52-56.
- [15] Realff, ML & Cascio, A 2005, ‘Effect of fiber factors on fabric hand’, in HM Behery, *Effect of mechanical and physical properties on fabric hand*, The Textile Institute, UK

- [16] Morton, W E & Hearle, JWS, 1997, *Physical properties of textile fibres*, 8ed, The Textile Institute, Bath.
- [17] Stegmaier, T, Mavely, J & Shineider, P 2005, High-performance and high-functional fibres and textiles, in R Shishoo, *Textile in sport*, Woodhead Publishing in Textiles, New York, pp. 89-119.
- [18] Bueno, MA, Aneja, AP & Renner, M 2004, Influence of the shape of fiber cross section on fabric surface characteristics, *Journal of Material Science*, Vol. 39, pp. 557-564.
- [19] Byrne, C 2000, Technical textiles market – an overview, in AR Horrocks AR & SC Anand, *Handbook of technical textiles*, The Textile Institute, Woodhead Publications Limited, Cambridge, p.1-23.
- [20] Hongu, T Phillips, GO & Takigami, M 2005, *New millennium fibers*, Woodhead Publishing in Textiles, Cambridge.
- [21] Bajaj, P 2000, ‘Heat and flame protection’, in AR Horrocks AR & SC Anand, *Handbook of technical textiles*, The Textile Institute, Woodhead Publications Limited, Cambridge, pp.223-263.
- [22] Miraftab, M 2000, ‘Technical Fibres’, in AR Horrocks AR & SC Anand, *Handbook of technical textiles*, The Textile Institute, Woodhead Publications Limited, Cambridge, pp.24-41.
- [23] McCann, J 2005, ‘Material requirements for the design of performance sportswear’, in R Shishoo, *Textile in sport*, Woodhead Publishing in Textiles, New York, pp. 44-85.
- [24] Gong, RH & Chen, X 2000, ‘Technical yarns’, in AR Horrocks AR & SC Anand, *Handbook of technical textiles*, The Textile Institute, Woodhead Publications Limited, Cambridge, pp.42-61.
- [25] Bartels, VT 2005, ‘Psychological comfort of sportswear’, in R Shishoo, *Textile in sport*, Woodhead Publishing in Textiles, New York, pp.177-203.
- [26] Hall, ME 2000, ‘Finishing of technical textiles’, 2000, in AR Horrocks AR & SC Anand, *Handbook of technical textiles*, The Textile Institute, Woodhead Publications Limited, Cambridge, pp.42-61.
- [27] Höfer, D, 2006, ‘Antimicrobial Textiles – Evaluation of their effectiveness and safety’, in U-C Hipler & P Elsner, *Biofunctional textiles and skin*, Curr Probl Dermatology. Basel, Karger, Switzerland, Vol. 33, pp. 51-66.
- [28] Hes, L & Ursiny, P 1994, *Yarn texturizing technology*, Universidade do Minho, Guimarães.
- [29] Gopalakrishnan, D & Mythili, KG 2007, Functional nano finishes for textiles, Technical Textiles World Market Report, *Asian Textile Journal*, disponível em:

[http:// www.fibre2fashion.com/industryarticle/technology-industry-article/functional-nano-finishes-for-textiles.asp](http://www.fibre2fashion.com/industryarticle/technology-industry-article/functional-nano-finishes-for-textiles.asp) Acesso em 02.06.2008.

- [30] Schollmeyer, E, Zorjanović, J, Textor, T, Opwis, K, Knittel D & Bahnert, T 2005, Nanotechnology for functionalization of textile materials. *Procedimentos do 5th Autex World Textile Conference*, Slovenia, vol.1, pp.20-28.
- [31] Bramel, S 2005, 'Key trends in sportswear design', in R Shishoo, *Textile in sport*, Woodhead Publishing in Textiles, New York, pp. 25-43.
- [32] Voyce, J, Dafniotis, P & Towlson, S 2005, Elastic textiles, in R Shishoo, *Textile in sport*, Woodhead Publishing in Textiles, New York, pp. 204-230.
- [33] Meinander, H 2005, 'Smart in the intelligent textiles and fibres', in R Shishoo, *Textile in sport*, Woodhead Publishing in Textiles, New York, pp.120-133.R.
- [34] Onder, E & Sarier, N 2006, Improving thermal properties of textiles using microencapsulated phase change materials, *Procedimentos do Symposium Textile Avantex2006*, Shanghai, China.
- [35] Sarier, N & Onder, E 2007, The manufacture of microencapsulated phase change materials suitable for the design of thermally enhanced fabrics, *Thermochimica Acta*, Vol. 452, pp. 149–160.
- [36] Saltzman, A 2004, *El Cuerpo diseñado: sobre la forma en el proyecto de la vestimenta*, Paidós, Buenos Aires.
- [37] Fung, W 2005, 'Coated and laminated textiles in sportswear', in R Shishoo, *Textile in sport*, Woodhead Publishing in Textiles, New York, pp.134-174
- [38] Mammot Sports Group 2003, A Review of temperature standards for sleeping bags. Part I.
- [39] 'Vem aí o tecnofutebol', Revista Superinteressante, nº. 105, Janeiro de 2007, p. 90.
- [40] Geraldés, MJO 1999, 'Análise experimental do conforto térmico das malhas funcionais no estado húmido', PhD Tese, Universidade do Minho/PT.
- [41] Araújo, M. de, Figueiro, R, & Hong, H 2000, *Têxteis técnicos: materiais do novo milénio - Aplicações, tecnologias e métodos de ensaio*, Vol. I, Portugal.
- [42] Araújo, M. de, Figueiro, R & Hong, H 2000, *Têxteis técnicos: materiais do novo milénio - Aplicações, tecnologias e métodos de ensaio*, Vol. II Portugal.
- [43] Spencer, DJ 2004, *Knitting Technology*, 2ed, Pergamon Press, New York
- [44] Epstein, Y & Moran, DS, 2006, Thermal comfort and the heat stress indices, *Industrial Health*, 44, pp. 388-398.

- [45] Vilella, EC 2000, NTP 74: *Confort térmico - Método de Fanger para su evaluación*, Centro de Investigación y Asistencia Técnica – Barcelona.
- [46] Gomes, RJ, 1967, O Problema do conforto térmico em climas tropicais e subtropicais. Ministério das Obras Públicas, Lisboa.
- [47] Oliveira, M C A 2005, ‘Os primeiros estudos sobre conforto térmico no Brasil: a contribuição de Paulo Sá’, Tese de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, São Paulo.
- [48] Ruas, AC 1999, ‘Avaliação de conforto térmico – contribuição à aplicação das normas internacionais’, Tese de Mestrado, Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP. Campinas.
- [49] Lv, Y-G & Liu, J 2005, Interpretation on thermal comfort mechanisms of human bodies by combinig H-hodgkin-Husley neuron model and Pennes bioheat equation, *Forshung im Ingenieurwesen*, Vol. 69, pp. 101-114.
- [50] Lv, Y-G & Liu, J 2007, Effect of transient temperature of thermoreceptor response and thermal sensation, *Building and Environment*, Vol. 42, pp. 656-664
- [51] Huizenga, C, Hui, Z, Arens, E, 2001, A model of human physiology and comfort for assessing complex thermal environments, *Building and environment*, Vol. 36, nº 6, pp. 691-699.
- [52] Behera, BK 2007, Comfort and handle behaviour of linen-blended fabrics, *Autex Research Journal*, Vol. 7, nº 1, pp. 33-47.
- [53] AL-ajmi, FF, Loveday, DL, Bedwell, KH & Havenith, G 2008, Thermal insulation and clothing area factors of typical Arabian Gulf clothing ensembles for males and females: measurements using thermal manikins, *Applied Ergonomics*, Vol. 39, pp. 407-414.
- [54] Givoni, B 1998, *Climate considerations in building and urban design*, Van Nostrand Reinhold, New York.
- [55] Endrusick, TL, Stroschein, LA & Gonzalez, RR Thermal manikin history, disponível em: <http://www.mtnw-usa.com/thermalsystems/history.html> Acesso em 19/02/2008.
- [56] Holmér, I 2004, Thermal manikin history and applications, *European Journal of Applied Physiology*, Volume 92, nº 6, pp. 614-618 (5).
- [57] Amrit, UR 2007, Beddings textiles and their influence thermal comfort and sleep, *Textiles Research Journal*, Vol. 8, nº 4, pp. 252-254.
- [58] Rocha, MAV 1999, ‘Contribuição ao desenvolvimento de uma metodologia para a caracterização do comportamento do consumidor da indústria do vestuário: uma abordagem segundo Maslow, ‘ de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

- [59] Laver, J 2005, *A roupa e a moda: uma história concisa*, Companhia das Letras, São Paulo.
- [60] Jablonski, NG 2004, The evolution of human skin and skin colour, *Annual Review of Anthropology*, Vol.33, nº 1, pp. 585–623.
- [61] Fourty, L & Hollies, NRS, 1970, *Clothing, comfort and function*, Marcel Dekker, New York, pp. 213-251.
- [62] Huang, J, Xu & W 2006, A New practical unit for the assessment of the heat exchange of human body with the environment, *Journal of Thermal Biology*, vol. 31, pp.328-322.
- [63] Lamberts, R & Xavier, AAP 2002, ‘Conforto térmico e stress térmico’, Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Universidade Federal de Santa Catarina, disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/arquivos/publicacoes/Apconf.pdf>
- [64] Wang L & Li, C 2005, A new method for measuring dynamic fabric heat and moisture comfort, *Experimental Thermal and Fluid Science*, Vol. 29, nº 2, pp. 705–714.
- [65] Quian, X & Fan, J 2006, Interactions of the surface heat and moisture transfer from the human body under varying conditions and walking speeds, *Applied Ergonomics*, Vol. 37, pp. 685-693.
- [66] Nilsson, HO, Brohus, H & Nielsen, PV 2007, Benchmark test for a computer simulated person – Manikin heat loss for thermal comfort evaluation. Aalborg University Denmark & Gävle University Sweden, disponível em: http://vbn.aau.dk/fbspretrieve/11967667/Benchmark_Test_for_aComputer_Simulated_Person Acesso em 18.02.2007.
- [67] Tanabe, S, Arens, EA, Bauman, FS, Zhang, H, & Madsen, TL 1994, Evaluating thermal environments by using a thermal manikin with controlled skin surface temperature, *Ashrae Transactions*, Vol. 100, nº 1, pp. 39-48.
- [68] Fan, J & Chen, YS 2002, Measurement of clothing thermal insulation and moisture vapour resistance using a novel perspiring fabric thermal manikin, *Measurement Science and Technology*, Vol. 13, nº 7, pp. 1115-1123.
- [69] T. Sakoi, T, Tsuzuki, K, Kato, S, Ooka, R, Song, D & Zhu, S 2007, Thermal comfort, skin temperature distribution, and sensible heat loss distribution in the sitting posture in various asymmetric radiant fields, *Building and Environment*, Vol. 42, nº 12, pp. 3984-3999.
- [70] Neves, M, Cunha, J & Teixeira, SFCF 2006, Development of thermal comfortable shoes, *Procedimentos do 37th International Symposium on Novelties in Textiles*, Slovenia.
- [71] Das, B, Das, A, Kothari, VK, Figueiro, R & Araújo, M 2007, Moisture transmission through textiles, *Autex Research Journal*, Vol. 7, nº 2, pp. 100-110.

- [72] Das, B, Das, A, Kothari, VK, Fangueiro, R. & Araújo, M 2007, Liquid moisture transmission properties of woven fabric of different polyester fibre profiles. *Procedimentos do ALTEX'2007 International Workshop on Textile innovation and Textile Exchange*, Roubaix – France, pp. 112-120.
- [73] Ghali, K, Jones, B, & Tracy, J 1995, Modelling heat and mass transfer in fabrics, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol. 38, nº 1, pp. 13-21.
- [74] Patnaik, A, Rengasami, RS, Kothari, VK & Ghosh, A, 2006, Wetting and wicking in fibrous materials, *Textile Progress*, Vol. 38, nº 1, pp. 1-105.
- [75] Rachamandran, T and Kesavaraja, N, 2004, A Study of influencing factors for wetting and wicking behaviour, *IE (I) Journal*, Vol. 84, nº 2, pp. 37-41.
- [76] Indushekar, R, Awasthi, P, Gupta RK & Kotresh, TM 2005, Studies on test methods used measure water vapour transmission of fabrics by DSC and conventional dish techniques, *Journal of Industrial Textiles*, Vol. 34, nº 4, pp. 223-424.
- [77] Varga, K, Firgo, H, Suchomel, F, Zankl & Schuster, KC 2008, Performance of functional textiles visualized by ESEM and assessed by physiological tests, *Procedimentos do 8th Autex Conference*, Biella, Italy, Junho.
- [78] Chen, YS, Fan, J & Zhang, W 2003, Clothing thermal insulation during sweating, *Textile Research Journal*, Vol. 73, nº 2, pp. 152-157.
- [79] Harnet, PR & Mehta, PN 1984, A survey and comparison of laboratory test methods for measuring wicking, *Textile Research Journal*, Vol. 54, nº 7, pp.471-478.
- [80] Nyoni, AB & Brook, D 2006, Wicking mechanisms in yarns – the key to fabric wicking performance, *Journal of the Textile Institute*, Vol. 97, nº 2, pp. 119-128.
- [81] Das, B, Das, A, Kothari, VK, Fangueiro, R. & Araújo, M 2006, Effect of fibre parameters on liquid moisture transmission through fabrics, *Procedimentos do 3th Aplimatec International Congress*, Valencia – Espanha.
- [82] Chattopadhyay, R & Chauhan, A 2005, Wicking behaviour of compact and ring spun yarns and fabrics, *Melliand International*, Vol. 11, 25-30.
- [83] Ruichao, X, Lina, C & Baoli, Z 2007, Properties of differential capillary effect of knitted sport-wear fabrics, *Procedimentos do Altex'2007 International Workshop on Textile Innovation and Textile Exchange*, Roubaix-France, pp. 130-133.
- [84] Chun, C & Tamura, A 2005, Thermal comfort urban transitional spaces, *Building and Environment*, Vol. 40, pp. 633 -639.
- [85] Talaia, M.A.R., 2004. O Conforto humano e as alterações ambientais, *Procedimentos do XXVIII Jornadas Científicas, La Meteorologia y El Clima*

Atlânticos, 5º Encontro Hispano-Luso de Meteorologia: La Meteorologia y Climatología en los Sectores Público y Privado, CDROM, ISBN: 84-8320-261-1, Badajoz, Espanha, pp. 474-483, disponível em <http://www.ame-web.org/JORNADAS/talaia.pdf>, Acesso em 18.03.2006.

- [86] Mayer, E 2001, Individual thermal comfort controlled by an “artificial skin”-sensor, *Procedimentos do 4th International Conference on Indoor Air Quality, Ventilation and Energy Conservation in Buildings*, China, Vols. I-III, pp. 1641-1647.
- [87] Bartels, VT 2006, ‘Physiological comfort of biofunctional textiles’ in U-C Hipler & P Elsner, *Biofunctional textiles and skin, Curr Probl Dermatology, Basel*, Karger, Switzerland, Vol. 33, pp. 51-66.
- [88] Saville, BP 2000, *Physical testing of textiles*, Woodhead Publishing Limited, Cambridge.
- [89] Zanail, M, Husain, A, Leman, AM & Nordin, N 2005, Simulation of comfort and indoor air quality level for terrace house, *Procedimentos do 10th International Conference on Indoor Air Quality and Climate Indoor Air*, Beijing, China.
- [90] Li, J, Wang, Y & Zhang, W 2005, Cold sensitivity differences between body sections under clothing, *Textile Research Journal*, Vol. 75, n° 3, pp. 208-212.
- [91] Flouris, AD & Cheung, SS 2006, Design and control optimization of microclimate liquid cooling systems underneath protective clothing, *Biomedical Engineering*, Vol. 34, n° 3, pp.359-372.
- [92] Ciesielska, I, Masajtis, J & Orłowska, M 2008, The influence of garments on chosen parameters of human physiology and feeling of comfort during physical effort, *Procedimentos do 8th Autex Conference*, Biella, Italy, Junho.
- [93] Magalhães, S, Albuquerque, RR, Pinto, JC & Moreira, AL 2001, *Termorregulação*, Universidade do Porto, Porto.
- [94] Seeley, RR, Stephens TD, Tate, P & Caeiro, MA 1997, *Anatomia & fisiologia*, Lusoditacta, Lisboa.
- [95] Seeley, RR, Stephens TD & Tate, P 1999, *Essentials of anatomy and physiology*, Boston: McGraw-Hill.
- [96] Hes, L 2004, Marketing aspects of clothing comfort evaluation, *Procedimentos do 10th International Textile and Apparel Symposium*, Altinyus, Çesme – Izmir, Outubro, pp. 237-243.
- [97] Huang, J 2006 Sweating guarded hot plate test method, *PolymerTesting*, Vol. 25, pp. 709-716.
- [98] Ushioda, H, Nakanishi, T & Nakajima, T 2001, The relationship between changes in the humidity of microclimate and in the human sense, *Procedimentos do 30th*

Textile Research Symposium at Mt. Fuji in the New Millennium, Shizuoda, Japan, Jul/Ago, pp. 284-289.

- [99] Li, Y 1999, The science of clothing comfort, *Textile Progress*, Vol 31, nº 1-2.
- [100] Starling, E & Evans, CL 1968, *Princípios da fisiologia humana*, Fundação Calouste Gulbenkian, 2 Vols.
- [101] Robergs, RA & Roberts, SO 2002, *Princípios fundamentais de fisiologia do exercício para a aptidão, desempenho e saúde*, Editora Phorte, São Paulo.
- [102] Shauff, C, Moffett, D & Moffett, S 1993, *Fisiologia humana*, Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.
- [103] Guyton, AC, Hall & John E 1998, *Fisiologia humana e mecanismos das doenças*, Editora Guanabara, Rio de Janeiro.
- [104] Hall, JE & Guyton, AC 2002, *Tratado de fisiologia médica*, Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, pp. 1167-1179.
- [105] Ferreira, MS & J.I. Yanagihara 1999, Um modelo do sistema termoregulador do corpo humano: exposição a ambientes quentes, *Revista Brasileira de Engenharia Biomédica*, Vol. 15, nº 1-2, pp. 87-96.
- [106] Lopez, RM, Cleary, MA, Jones, LC & Zuri, RE 2008, Thermoregulatory influence of a cooling vest on hyperthermic athletes, *Journal of Athletic Training*, Vol. 43, nº 1, pp. 55-61.
- [107] Stølen, T, Chamari, K, Castagna, C & Wisløff, U 2005, Physiology of Soccer - An Update, *Sports Med*, 35, nº 6, pp. 501-536.
- [108] Laing, RM, Sims, ST, Wilson, CA, Niven, BE & Cruthers, NM 2007, Differences in wearer response to garments for outdoor activity, *Ergonomics*, 1-19.
- [109] Barreto, S.M.G. Esporte e Saúde. (Departamento de Educação Física e Motricidade Humana) Universidade Federal de São Carlos – SC. Rev. Eletrônica de Ciência- Nº. 22-outubro/novembro/dezembro. 2003, disponível em <http://www.cdcc.sc.usp.br/ciencia/art.22.esporteesaude>. Acesso em 12.12.2005.
- [110] Arens, EA & Zhang, H 2006, 'The skin's role in human', in N Pan & P Gibson *Thermal and Moisture Transport in Fibrous Materials*, Cambridge, Woodhead Publishing Limited, p. 560-602.
- [111] Jeff Jr, MD, Adams, KJ & Stamford, BA 2006, Cold exposure and exercise metabolism, *Sports Med*, Vol.36, nº 8, pp. 643-656.
- [112] Havenith, G, Fogarty, A, Bartlett, R, Smith, CJ & Ventenat, V 2005, Male and female upper body sweat distribution during running measured with technical

absorbents, *European Journal of Applied Physiology*, Vol. 93, nº 5-6, pp. 511-736.

- [113] Filgueiras, A, Fangueiro, R & Raphaelli, N, 2008, A Importância de fibras e fios no design de têxteis destinados à prática desportiva, *Revista Estudos em Design*, Vol.15, Nº1, Rio de Janeiro, Brasil, disponível em:
http://www.maxwell.lambda.ele.pu-rio.br/cgi-bin/db2www/PRG_1188.D2W
Acesso em 18.08.2008
- [114] Maffei, STA 2006, Tecidos Inteligentes como alternativa na aplicação dos critérios do design de moda, *Procedimentos do 7º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design*, Outubro, Paraná, Brasil.
- [115] Gobe, AC, Moreira, JCT, Perez, MC, Carramenha, PRC & Pasquale, PP 2004, Gerência de produtos, Editora Saraiva, São Paulo.
- [116] Rozenfeld, H, Forcellini, FA, Amaral, DC, Toledo, JC, Silva, SL, Alliprandini & Scalice, RK 2006, Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo, Editora Saraiva, São Paulo.
- [117] Lipovetsky, G 1989, O império do efêmero: a moda e o seu destino nas sociedades modernas, Publicações Dom Quixote, Lisboa.
- [118] Bürdek, BE 2006, Design: História, teoria e prática do design de produtos, Editora Edgard Blücher, São Paulo.
- [119] Fiell, C & P 2003, *Design do século XXI*, Taschen, Köln.
- [120] Neves, M 2000, *Desenho têxtil – malhas*, TecMinho, Portugal.
- [121] Emereciano, JW & Waechter, HN 2007, Design product as culture products, *Procedimentos do 4th Congresso Internacional de Pesquisa em Design*, Outubro, Rio de Janeiro, Brasil.
- [122] Choi, W 2005, Three dimensional seamless garment knitting on v-bed falt knitting machines, *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, Vol. 4, nº 3.
- [123] Burns, DL & Bryant NO 2000, *The Business of fashion*, Fairchild Publications, New York.
- [124] Araújo, M de 1995, *Engenharia e design do produto*, Universidade Aberta, Lisboa.
- [125] Crane, D 2006, *A Moda e seu papel social: classe, gênero e identidade das roupas*, Editora Senac, São Paulo.
- [126] Joffily, R 1988, *A História da camiseta*, Cia Hering, Editora Novo Rio, Rio de Janeiro.

- [127] Lehnert, G 2001, *História da moda*, Könemann, Colônia, pp 1-61
- [128] Choi, W 2006, 'The development of specialized knitted structures in the creation of resistance dyed fabrics and garments', PhD Thesis North Carolina State University.
- [129] Evin, F & Sierkierski, E 2002, Sensory evaluation of heating and air conditioning systems, *Energy and Building*, Vol. 34, pp. 647-651.
- [130] You, F, Wang, JM & Luo, XN 2002, Garment's pressure sensation (1): subjective assessment and predictability for the sensation, *International Journal of Clothing Science and Technology*, Vol. 14, n° 5, pp. 307-316.
- [131] Jai O, Kim, JO & Slaten, BL 1999, Objective evaluation of fabric hand, Part I: relationships of fabric hand by the extraction method and related physical and surface properties, *Textile Research Journal*, Vol. 69, n° 1, pp. 59-67.
- [132] Chollakup, R, Sinoimeri, A, Philippe, F, Schacher, L & Adolphe, D 2004, Tactile sensory analysis applied to silk/cotton knitted fabrics, *International Journal of Clothing Science and Technology*, Vol. 16, n° 1, 2, pp. 132-133.
- [133] Kenkare, N 2005, 'Three dimensional modelling of garment drape', de Doutoramento. Universidade do Estado da Carolina do Norte, disponível em www.tx.ncsu.edu/student_services/profiles/resume_download_public.cfm?firstname=Narahari&lastname=Kenkare Acesso em 12.04.2006.
- [134] Kenkare, N & May-Plumlee, T 2002, Evaluation of drape characteristics in fabrics, *International Journal of Clothing Science and Technology*, Vol. 17, n° 2, pp. 109-123.
- [135] Pandurangan, P 2003, 'Mechanics of fabric drape', Tese de Mestrado, Universidade do Estado da Carolina do Norte, EUA.
- [136] Alimaa, D, Matsuo, T, Nakajima, M & Takahashi, M 2000, Sensory measurements of the main mechanical parameters of knitted fabrics, *Textile Research Journal*, Vol. 70, pp. 985-990.
- [137] Park, CH, Jun, Y, Kang, TJ & Kim, JH 2007, Development of a tool to measure the pressure comfort of a cap (II) – by the analysis of correlation between objective pressure and subjective wearing sensation, *Textile Research Journal*, Vol. 77, pp. 520-527.
- [138] You, F, Wang, JM & Luo, XN 2002, Garment's pressure sensation (2): the psychophysical mechanism for the sensation, *International Journal of Clothing Science and Technology*, Vol. 14, n° 5, pp. 317-328.
- [139] Nakahashi, M, Morooka, H, Nakamura, N, Yamamoto, C, & Morooka, H 2005, An analysis of waist-nipper factors that affect subjective feeling and physiological response: for the design of comfortable women's foundation garments, *Fiber*, Vol. 61, n° 1, pp. 6-12.

- [140] Kang, TJ, Park, CH, Jun, Y & Jung, K 2007, Development of a tool to measure the pressure comfort of a cap (I) – by the analysis of correlation between objective pressure and subjective wearing sensation, *Textile Research Journal*, Vol. 77, pp. 653-660.
- [141] Zhang, X, Li, Y, Yeung, KW & Yao, M 1999, Fabric bagging: Part I: subjective perception and psychophysical mechanism, *Textile Research Journal*, Vol. 69, p. 511-518.
- [142] Zhang, X, Li, Y, Yeung KW & Yao, M 1999, Fabric bagging: Part II: objective evaluation and physical mechanism, *Textile Research Journal*, Vol. 69, pp. 598-606.
- [143] Araújo, M & Melo e Castro, EM 1984, *Manual de engenharia têxtil*, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, vol.2.
- [144] Yoo, S & Barker, RL 2005, Comfort properties of heat-resistance protective workwear in varying conditions of physical activity and environment. Part I: thermophysical and sensorial properties of fabrics, *Textile Research Journal*, Vol. 75, pp. 523-530.
- [145] Weder, M & Rossi, RM, 2008, Evaporative cooling and heat transfer in functional underwear, *International Journal of Clothing Science and Technology*, Vol. 20, n° 2, pp. 68-78.
- [146] Ueda, H, Yoshimitsu Inoue, Y, Matsudaira, M, Araki, T & Havenith, G 2006, Regional microclimate humidity of clothing during light work as a result of the interaction between local sweat production and ventilation, *International Journal of Clothing Science and Technology*, Vol. 18, n° 4, pp. 225-234.
- [147] Oh, A 2008, The measurement of water vapour transfer rate through clothing system air gap between layers, *Journal Heat and Mass Transfer*, Vol. 44, n° 4, pp. 375-379.
- [148] Rossi, R, Weder, M, Gross, R & Kausch, F 2000, Influence of air permeability on thermal and moisture transport through clothing, *Procedimentos do Nokobetef 6 and 1st European Conference on Protective Clothing*, Stockholm, Sweden, pp. 12-16.
- [149] Militký, J, Vik, M, Viková, M & Křemenáková, D, 2006, Influence of fabric construction on their porosity and air permeability, *Procedimentos do 37th International Symposium on Novelties in Textiles*, June 2006, Ljubljana, Slovenia.
- [150] Suprun, N 2003, Dynamics of moisture vapour and liquid water transfer through composite textile structures, *International Journal of Clothing Science and Technology*, Vol.15, n° 3-4, pp. 218-223.
- [151] Benltoufa, S, Ghith, FF & Cheikhrouhou, M 2007, Porosity determination of jersey structure, *Autex Research Journal*, Vol. 7, n° 1, pp.63-69.

- [152] Ogulata, RT 2006, Air permeability of woven fabrics, *Journal of Textile Apparel*, Vol.5, n° 2, pp. 1-10, disponível em http://www.tx.ncsu.edu/jtatm/volume5issue2/articles/OGULATA/Ogulata_Full_199-06.pdf Acesso em 06/10/2007.
- [153] Ha, M, Tokura, H, Yanai, Y, Moriyama, T & Tsuchiya, N 1999, Combined effects of fabric air permeability and moisture absorption clothing microclimate and subjective sensation during exercise at 27°C, *Ergonomics*, Vol.45, n° 7, pp. 964-979.
- [154] Li, Y, 2005, Perceptions of temperature, moisture and comfort in clothing during environmental transients, *Ergonomics*, Vol. 48, n° 3, pp. 234-248.
- [155] Uçar, N, Kalaoclu, F, Bahtiyar, D & Blaç, OE 2004, Investigating the drape behaviour of seamed knit fabrics with Image Analysis, *Textile Research Journal*, Vol. 74, pp. 166-171.
- [156] Mizutani, C, Amano T & Sakaguchi, Y 2005, A New apparatus for the study of fabric drape, *Textile Research Journal*, Vol. 75, pp. 81-87.
- [157] Samanta, AK & Basu, GA 2004, Simple Method of Measuring Flexural Rigidity of Jute Fibre, *Technical Journal: Textile Engineering*, Vol. 85, pp. 33-38.
- [158] Stylios, GK 2005, New measurement technologies for textiles and clothing, *International Journal of Clothing Science and Technology*, Vol. 17, n° 3-4, pp. 135-149.
- [159] Kaushal, RS 2005, Effect of sewing and fusing of interlining on drape behaviour of suiting fabrics, *International Journal of Clothing Science and Technology*, Vol. 17, n° 2, pp. 75-90.
- [160] Sidabraitė, V & Masteikaite, V 2002, A Preliminary study for evaluation of skirt asymmetric drape, *International Journal of Clothing Science and Technology*, Vol. 14, n° 5, pp. 286-298.
- [161] Lojen, Z & Jevšnik, S 2007, Some Aspects of Fabric Drape, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, Vol. 15, n° 4, pp. 39-45.
- [162] Lo, WM & Li LK 2002, Modelling a fabric drape profile, *Textile Research Journal*, Vol. 72, pp. 454-463.
- [163] Eryuruk, SH, Kalaouglu, F 2006, The effect of weave construction on the drape behaviour of woven fabrics, *Procedimentos do 37th International Symposium on Novelties in Textiles*, Ljubljana, Slovenia
- [164] Dai, X 2001, Drape formation based on geometric constraints and its application to skirt modelling, *International Journal of Clothing Science and Technology*, Vol. 13, n° 1, pp. 23-37.

WEBGRAFIA

<http://www.nike.com/index.html> Acesso em 05/10/2005

<http://www.mktonline.net> Acesso em 22.11.2005.

<http://maisesportes.vilabol.uol.com.br/framedir.html> Acesso em 30.11.2005.

<http://www.cdcc.sc.usp.br/ciencia/art art.22.esporteesaúde>. Acesso em 12.12.2005.

<http://nike.com> Acesso em 22.12.2005.

<http://reebok.com> Acesso em 28.12.2005.

http://www.adidas.com/campaigns/verticalsfootball08/content/index.asp?adidas_cc=sg Acesso em 05/01/2006.

<http://autosport.aeiou.pt/gen.pl?p=stories&op=view&fokey=as.stories/53519> Acesso em 05/01/2006.

<http://www.portugaltexil.pt> Acesso em 10.01.2006.

<http://www.citeve.pt> Acesso em 15.01.2006.

<http://www.adidas.com/Y-3/> Acesso em 20.01.2006.

<http://www.portugaltexil.com> Acesso em 20.01.2006.

<http://www.reebok.com> Acesso em 20.01.2006.

<http://www.dw-world.de/dw/article/0,2144,1465674,00.html> Acesso em 22.01.2006.

<http://www.holofiber.com/index.asp> Acesso em 01.02.2006.

<http://www.wool.com> Acesso em 02.02.2006.

<http://www.elbeco.com> Acesso em 02.02.2006.

<http://www.sportwool.com/index.htm> Acesso em 03.02.2006.

<http://www.gore-tex.com> Acesso em 05.02.2006.

<http://www.vdc-corp.com/> Acesso em 05.02.2006.

<http://coolmax.invista.com> Acesso em 05.03.2006.

<http://www1.folha.uol.com.br/folha/informatica/ult124u13107.shtml> Acesso em 08.02.2006.

<http://www.volvic-na.com/index.html> Acesso em 25/02/06.

http://www.soffe.com/soffe_drirelease.php Acesso em 08.03.06.

<http://www.outdoorretailer.com/or/photos/stylus/8243.pdf> Acesso em 08.03.06.

<http://www.maoxiang.net/html/whyfiber.htm> Acesso em 15/03/2006.

<http://www.deakin.edu.au> Acesso em 18/03/2006.

<http://www.ame-web.org/JORNADAS/talaia.pdf>, Acesso em 18.03.2006.

<http://www.elbeco.com> Acesso em 21.03.2006.

<http://www.canatibago.com.br/noticia.php?id=8> Acesso em 15.07.2006.

<http://g1.globo.com/Noticias/0,,FLC0-5597-2799333,00.html> Acesso em 15.08.2006.

<http://www1.folha.uol.com.br/folha/informatica/ult124u13107.shtml> Acesso em 19.08.2006.

<http://www.outdoorretailer.com/or/photos/stylus/8243.pdf> Acesso em 22.08.06.

www.tx.ncsu.edu/student_services/profiles/resume_download_public.cfm?firstname=Narahari&lastname=Kenkare Acesso em 20/10/2006.

http://aplimattec.feriavalencia.com/pfw_files/cma/aplimattec Acesso em 31.10.2006.

<http://labthinktestinstruments.com/air-permeability-tester.html> Acesso em 23.11.2006.

<http://www.tempreg.net> Acesso em 13.05.2007.

<http://www.ufrj.br/institutos/it/dau/profs/eduardo/Cap%EDtulo3-homeotermia.pdf> Acesso em 18.06.2007.

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttex&pid=S0100-40422000000100013#figura1#figura1 Acesso em 20.06.2006.

http://wnews.uol.com.br/site/noticias/materia.php?id_secao=4&id_conteudo=9140 Acesso em 28.08.2007.

<http://www.scoretechnology.com/applications.html> Acesso em 18/09/2007.

<http://www.cordura.com/benefits.html> Acesso em 22.09.2007.

http://www.fmed.uc.pt/bedel_Files/programas/2medicina/02CalFrRadia.pdf Acesso em 28.09.2007.

http://www.tx.ncsu.edu/jtatm/volume5issue2/articles/OGULATA/Ogulata_Full_199-06.pdf Acesso em 06/10/2007.

<http://guia.mercadolivre.com.br/conheca-verdadeira-historia-marca-adidas-puma-8304-VGP>, Acesso em 15.10.2007.

<http://autosport.aeiou.pt/gen.pl?p=stories&op=view&fokey=as.stories/53519> Acesso em 16.10.2007.

<http://powerfullbrands.blogspot.com/2007/08/puma.html> Acesso em 19.11.2007.

http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2004_2009/documents/ad/641/641244/641244pt.pdf Acesso em 13.11.2007.

<http://adm-marketing.blogspot.com/2008/06/adidas-como-tudo-comeou.html> Acesso em 18.12.2007.

<http://nikeid.nike.com/nikeidv2/index.jhtml> Acesso em 17.01.2008.

<http://www.pumafotball.com/> Acesso em 18.01.2008.

http://www.nike.com/nikeos/p/nike/en_US/ Acesso em 05.02.2008.

<http://calcadodesportivo.no.sapo.pt/historianike.htm> Acesso em 15.02.2008.

<http://calcadodesportivo.no.sapo.pt/historiaadidas> Acesso em 15.02.2008.

http://vbn.aau.dk/fbspretrieve/11967667/Benchmark_Test_for_a_Computer_Simulated_Person Acesso em 18.02.2008.

<http://www.puma.com/pindex.jsp> Acesso em 22.03.2008.

<http://insightpublicidade.wordpress.com/2008/02/26/a-historia-da-marca-mais-famosa-do-mundo/> Acesso em 22.03.2008.

http://www.nano-tex.com/news&media/USA_Today_11-17-04.pdf Acesso em 25.03.2008.

<http://www.fibre2fashion.com/industryarticle> Acesso em 30.03.2008.

<http://www.physorg.com/news124036370.html> Acesso em 30.03.2008.

http://www.maxwell.lambda.ele.puc-rio.br/cgi-bin/PRG_0599.EXE/7156_2.PDF?NrOcoSis=20370&CdLinPrg=pt Acesso em 13.05.2008.

<http://www.puma.com/pindex.jsp> Acesso em 22.05.2008.

<http://revistacrescer.globo.com/Crescer/0,19125,EFC1326542-5670,00.html> Acesso em 29.05.2008.

<http://www.fibre2fashion.com/industryarticle/technology-industry-article/functional-nano-finishes-for-textiles.asp> Acesso em 02.06.2008.

http://www.informesergipe.com.br/pagina_data.php?sec=5&&rec=17686&&aano=2007&&mmes=1. Acesso em 05.06.2008.

http://3bscientific.es/imagelibrary/j13/pele/j13_pele.jpg Acesso em 02.07.2008.

http://www.nano-tex.com/news&media/USA_Today_11-17-04.pdf
Acesso em 07.07.2008.

<http://nikeid.nike.com/nikeidv2/index.jhtml> Acesso em 19.07.2008.

<http://www.easesport.org/ease/fichiers/File/social-dialogue/sport27092005.pdf>
Acesso em 25.07.2008

<http://guia.mercadolivre.com.br/conheca-verdadeira-historia-marca-adidas-puma-8304-VGP>
Acesso em 10.08.2008.

<http://powerfullbrands.blogspot.com/2007/08/puma.html> Acesso em 14.08.2008.

<http://www.mundodasmarcas.blogspot.com/2006/05/nike-just-do-it.html> Acesso em 28.08.2008.

<http://www.adidas.com> Acesso em 30.08.2008.

http://www.deloitte.com/dtt/press_release/0,1014,cid%253D208302,00.html Acesso em 30.08.08.

ANEXOS

ANEXO I

FUTEBOL – UMA PAIXÃO MUNDIAL UMA HISTÓRIA A CONTAR

O futebol é um reino da liberdade humana exercida ao ar livre
(Antonio Gramsci).

Não havendo praticantes, não existem adeptos. Seja no futebol ou qualquer actividade desportiva, a sua prática, inicialmente tímida, vai aos poucos crescendo e se tornando uma actividade que evolui, cresce e que pode chegar a patamares imensuráveis.

Através de uma coletânea de informações obtidas em revistas desportivas, jornais, sites e blogs da internet, constituiu-se este documento sobre um breve histórico do futebol de campo ou, simplesmente, futebol.

Embora não se tenha muita certeza sobre os primórdios do futebol, historiadores descobriram vestígios dos jogos de bola em várias culturas antigas. Existem as mais variadas versões sobre a origem do futebol. China (Fig. 1), Japão, Roma, Grécia... Mas consta que, historicamente comprovado, ainda nos anos 2697 a.C. militares chineses praticavam uma actividade na qual formavam equipas e treinavam a chutar cabeças dos adversários inimigos. Com o passar do tempo, bolas de couro revestidas de cabelo substituíram as cabeças.



Fig. 1 - Futebol na China

FONTE: <http://www.dw-world.de/dw/article/0,2137,1952899,00.html>

Para alguns autores, a actividade é percebida como um jogo de treino militar, para outros, uma celebração religiosa. Essa actividade é retratada num livro chinês de instruções militares, como *Tsuh Kuh* (que significa "jogar a bola com os pés"), na qual a bola era lançada com o pé a uma pequena rede, com uma abertura de 30 a 40 cm, cercada com varas de bambu.

No Japão, era conhecido como *kemari*, um desporto muito parecido com o futebol actual, praticado por integrantes da corte do imperador japonês. Por volta do ano 50 a.C., ocorreu a primeira partida internacional de futebol entre jogadores japoneses e chineses de *kemari* e *tsuh-kuh*.

Há relatos de que eram muito mais animados os *epislciros* gregos e o *harpastum* romano. Na cidade grega de Esparta, os jogadores, também militares, usavam uma bola feita de bexiga de boi cheia de areia ou terra. O campo onde se realizavam as partidas era bastante grande, pois as equipas eram formadas por quinze jogadores.

O *Harpastum* foi muito popular entre os romanos durante os anos 700 e 800. Os romanos introduziram este jogo nas Ilhas Britânicas, Gália e Germânia e pode ser considerado como precursor do futebol, tal como o *hurling*, que era muito popular entre a população Celta, dando início praticamente à história do futebol moderno. Quando os romanos dominaram a

Grécia, entraram em contato com a cultura grega e acabaram assimilando o *episciros*, porém, o jogo tomou uma conotação muito mais violenta.

Outra versão indica que o futebol teria chegado a França através dos romanos, que lá estiveram liderados por Júlio César nos anos 58 a 51 a. C. Entretanto, o mais antigo documento relacionado com o tema é o livro *Descriptio Nobilissimae Civitatis Londinae*, de William Fitzstephen, escrito em 1175. É relatado um jogo disputado durante a *Shrovetide*, uma espécie de Terça-feira gorda, quando os habitantes de várias cidades inglesas passavam a chutar uma bola de couro pelas ruas, comemorando a expulsão dos dinamarqueses no período de domínio anglo-saxônico. A bola, no caso, simbolizava a cabeça de um oficial do exército invasor e, mais uma vez, se verifica o princípio do jogo.

Durante muito tempo, o futebol teve para o futebol inglês um sentido essencialmente cívico, sendo disputado apenas nos festejos anuais. Com o passar dos anos, as cidades de Chester e Kingston destacaram-se na popularização do desporto. Contudo, o Rei Eduardo II decidiu proibir que se praticasse o jogo na Inglaterra. São associados dois factores: a desorganização, a violência e o barulho por um lado e, por outro, o rei temia que, desviando a atenção para a bola, os jovens se descuidassem do arco e flecha, actividade evidentemente mais útil para uma nação em guerra. Outros soberanos foram igualmente contra o jogo da bola. Entre eles, Ricardo II, Henrique IV, Henrique VIII e Elizabeth I.

A Itália consta também como local de origem do futebol. Na Itália Medieval apareceu um jogo denominado *gioco del calcio*. Era praticado em praças e os 27 jogadores de cada equipa deveriam levar a bola até às duas balizas que ficavam nos dois cantos extremos da praça. A violência era muito comum, pois os participantes levavam para o campo os seus problemas, principalmente por questões sociais típicas da época medieval.

É destacado pelos historiadores que o futebol (Figura 2) chegou primeiro à Inglaterra onde ganhou regras diferentes, foi organizado e sistematizado. Assim, no Reino Unido, onde já estava bastante difundido na primeira metade do século 19, o futebol era um desporto

organizado, com regras claras e objectivas, praticado por estudantes e filhos da nobreza inglesa.



Fig. 2 – Primeiros jogos de futebol

FONTE: <http://esporte.hsw.uol.com.br>

O campo media 120 por 180 metros e nas duas pontas tinha instalados dois arcos retangulares chamados de golo. A bola era de couro e enchida com ar. Foi-se popularizando aos poucos e, no ano de 1848, numa conferência em Cambridge, estabeleceu-se um único código de regras para o futebol.

No ano de 1868 foi criada a figura do juiz e em 1871, a do guarda-redes, o único que podia jogar a bola com as mãos e deveria ficar próximo da baliza para impedir a entrada da bola. O apito foi adoptado em 1877 e o travessão de madeira no ano seguinte. Em 1875 foi definido o tempo da partida em 90 minutos e o penalti, em 1891, para punir a falta dentro da área, os limites das áreas foram estabelecidos em 1901 e, as regras de fora-de-jogo, em 1907.

Já os cartões vermelho e amarelo, criados pelo ex-árbitro britânico Ken Aston foram introduzidos no Mundial de 1970, após as confusões acontecidas no Mundial anterior, num jogo entre Argentina e Inglaterra. São feitos, hoje em dia, de material sintético impermeável, com cores luminosas e reflectoras.

A primeira competição criada foi a Copa da Inglaterra, que teve sua edição de estréia realizada em 1871. No ano de 1888, foi fundada a Football League com o objetivo de organizar torneios e campeonatos internacionais. Em 1897 uma equipe de futebol inglesa, chamada Corinthians, fez uma excursão fora da Europa, contribuindo para difundir o futebol em diversas partes do mundo. Com o resultado da popularidade da modalidade, outros países realizaram os seus primeiros torneios nacionais e permitiu a sua inclusão no programa dos Jogos Olímpicos de 1900, em Paris, na França.

O futebol transformou-se no mais popular e universal de todos os desportos. A popularização fez-se rápida e regularmente, com o apoio dos jornais, cartazes exibidos nas ruas, folhetos distribuídos em casas comerciais, bares e teatros.

Os franceses Jules Rimet e Henri Delaunay iniciaram uma campanha para a realização de um mundial de futebol, facto que se tornou possível em 1930. A equipa do Uruguai apresentava uma excelente participação em jogos internacionais e, pela grande visibilidade que o evento proporcionaria, o governo disponibilizou apoio logístico e estrutural à realização do evento. A partir de então, os Mundiais passaram realizar-se de quatro em quatro anos, com excepção dos anos de 1942 e 1946, por causa da Segunda Guerra Mundial (Quadro 1).

Quadro 1 – Campeonatos Mundiais de Futebol			
 Uruguai 1930	 Itália 1934	 França 1938	 Brasil 1950
 Suíça 1954	 Suécia 1958	 Suécia 1958	 Inglaterra 1966
 México 1970	 Alemanha Ocidental 1974	 Argentina 1978	 Espanha 1982
 México 1986	 Itália 1990	 EUA 1994	 França 1998
 Coréia e Japão 2002	 Alemanha 2006	 Brasil 2014	

FONTE: <http://www.duplipensar.net/dossies/historia-das-copas-do-mundo/index.html>

O ano de 1938 ficou marcado por uma nova revisão nas regras e o futebol foi então codificado, organizado e uniformizado. O maior marco para a organização do desporto, ocorreu em 1904, quando foi fundada a FIFA – Federação Internacional de Futebol Associado, que regula a modalidade e organiza o maior campeonato de seleções, o Mundial de Futebol, de quatro em quatro anos.

VARIAÇÕES DO FUTEBOL

Para além do futebol de campo, outras modalidades foram difundidas: o futebol de salão (futsal), o futebol de areia e o futebol feminino.

Futsal

Existem duas referências sobre a origem do futebol de salão. Alguns historiadores dizem que o futebol de salão – o Futsal (Figura 3), surgiu de forma improvisada quando, em meados dos anos de 1940, alguns jovens frequentadores da Associação Cristã de Moços (ACM) de São Paulo (BR), passaram a praticá-lo nos campos de basket e hóquei aproveitando as traves usadas na prática deste último desporto.



Fig. 3 - Futsal

FONTE: [http:// www.brazilianvoice.com/mostranews.php?id=3024](http://www.brazilianvoice.com/mostranews.php?id=3024)

A segunda versão indica que o futebol de salão começou a ser praticado na ACM de Montevideú, Uruguai em 1934, pelo professor Juan Carlos Ceriani, que chamou este novo desporto de *indoor-football*.

As bolas eram de crina vegetal, serragem ou cortiça granulada, mas, como saltavam muito e saíam constantemente do campo, sofreram sucessivas modificações, diminuindo o seu tamanho e aumentando o seu peso. Daí o facto de o futebol de salão ser chamado também de "desporto da bola pesada".

De início as equipas variavam de número, tendo cinco, seis e até sete jogadores, mas, pouco a pouco, foi fixado o limite de cinco. Como o futebol jogado nos salões da ACM era bastante violento, principalmente para os guarda-redes, a sua prática ficou restrita aos adultos e, mesmo assim, casualmente. No entanto, desenvolveu-se de tal forma, que, no Brasil, é o segundo desporto mais praticado, ficando atrás apenas do futebol.

A primeira entidade criada foi a Liga de Futebol de Salão da ACM, em São Paulo, em 1952.

Nas décadas de 60 e 70 o futebol de salão conquistava o continente como desporto ordenado e regulamentado. Com a fundação da Confederação Sul-Americana de Futebol de salão, que congregava quase todos os seus países, surgiram os primeiros campeonatos Sul Americanos de clubes e de seleções nacionais. Depois desta primeira fase de estruturação, surgiu a Fifusa – Federação Internacional de Futebol de Salão, que dominou o desporto mundial até 1989, época em que a Fifa começou a regulamentá-lo.

Em 1982 aconteceu em São Paulo, o I Campeonato Mundial de Futebol de Salão, onde participaram seleções do Brasil, Argentina, Costa Rica, Checoslováquia, Uruguai, Colômbia, Paraguai, Itália, México, Holanda e Japão.

A grande mudança na trajetória do futebol de salão ocorreu na década de 1990, quando foi feita sua fusão com o futebol de cinco (prática desportiva reconhecida pela Fifa). Surge então o "Futsal", terminologia adoptada para identificar esta fusão no contexto desportivo internacional.

Com a sua vinculação à Fifa, o futsal dá um grande passo para se tornar desporto olímpico, tendo nas Olimpíadas de Sidney – Austrália, do ano 2000, o maior momento de toda a sua trajetória histórica. Em 2007, o Futsal é incorporado nos jogos Pan-Americanos no Rio de Janeiro, mas não entrou nas Olimpíadas de 2008, em Pequim.

Futebol society

Futebol Suíço, Futebol de Areia, Futebol Sete, Futebol Social... Com essas denominações, surgiu, em 1985 uma nova modalidade futebolística, uma prática realizada por executivos em relvados particulares (Figura 4).

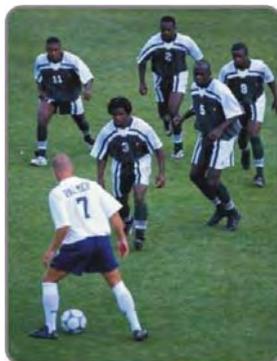


Fig. 4 – Futebol society

FONTE: <http://legacycreative.gettyimages.com>

Em 1988 surgiram os campos para prática extra-oficial em relva natural e de areia, sendo o campo "Futebol Society", localizado no bairro do Itaim Bibi (SP), um dos primeiros e mais conhecidos campos para aluguer. Como desporto principiante, naquela época não havia muita organização, jogando-se com um número variável entre 6 e 10 atletas e com bola de futebol de campo.

A maioria de seus participantes tinha idades em torno dos 40 a 50 anos, que gostavam de futebol, mas não se adaptavam ao Futebol de Salão, preferindo o Society por ser mais parecido com o Futebol de Campo. Nessa época, os campos tinham diversos tamanhos onde as balizas podiam também variar de acordo com o tamanho do campo. Com o

desenvolvimento da modalidade, o número de adeptos foi crescendo acompanhado do surgimento de empreendimentos para aluguer comercial de campos e os campos de areia e de relva foram substituídos por relvados sintéticos.

Com o crescimento da modalidade, em 1988 iniciou-se o processo de criação da Associação de Futebol Social, e, em seguida, da Federação. A partir de então, passou a designar-se Society. Junto com a fundação foram criadas as primeiras regras e a bola oficial da modalidade. Desde então, as regras e todo material desportivo vêm sofrendo uma série de modificações visando sempre a melhoria e a evolução do desporto.

Futebol de praia

Embora seja conhecido a nível mundial mais recentemente, há registos de jogos amigáveis de futebol de praia (português europeu) ou de areia (português brasileiro) (Figura 5). Em 1971 ocorreu o 1º Torneio Relâmpago de Futebol de Praia e, em 1972, o Torneio de Verão, ambos no Brasil.



Fig. 5 – Futebol de areia

FONTE: [http://www.vitoria.es.gov.br/diario/2007/fotos/FutebolAreia_ItaloItapoaXSaoJose_KF%2520\(10\).JPG&imgrefurl](http://www.vitoria.es.gov.br/diario/2007/fotos/FutebolAreia_ItaloItapoaXSaoJose_KF%2520(10).JPG&imgrefurl)

Praticado há muitas décadas como lazer, o crescimento da modalidade levou à institucionalização em 1992, quando foram implementadas as regras do jogo e, em Los Angeles, realizado um campeonato piloto.

No ano seguinte, foi realizado o I Campeonato de Futebol de Praia com as selecções do Brasil, Argentina, Itália e EUA. O crescimento e interesse na prática profissional desportiva, levaram à criação da Liga Europeia Profissional de Futebol de Areia.

Os campeonatos Mundiais ocorrem anualmente desde 1995, sendo que, desde 2005, são organizados pela FIFA. Até 2007 todos foram realizados no Brasil, em 2008 ocorrerá em Marselha, em França e, em 2009, no Dubai, nos Emirados Árabes.

De um total de treze campeonatos mundiais, onze títulos foram alcançados pelo Brasil, um por Portugal (2001) e um pela França (2005).

Futebol feminino

Há registo da participação feminina (Figura 6) na prática futebolística desde há muito tempo. Na história do futebol consta que na Escócia, no final do século XVII, haviam partidas entre mulheres casadas e solteiras, sendo que as mulheres casadas tinham por obrigação ganhar todos os jogos.



Fig. 6 – Futebol feminino

FONTE: http://www.paulinense.com.br/megaportal/images/stories/futebol_feminino/pan-futebol-7.jpg

Porém, segundo a FIFA, a modalidade feminina surgiu no fim do século XIX, quando as selecções da Escócia e da Inglaterra se enfrentaram. Contudo, as competições femininas sempre estiveram sujeitas ao preconceito, o que acabou atrasando o desenvolvimento da modalidade na versão feminina.

O primeiro Campeonato Mundial de mulheres, por exemplo, aconteceu apenas em 1991, 61 anos depois da estréia do torneio masculino. A sua inclusão nos Jogos Olímpicos aconteceu apenas em 1996, em Atlanta, nos Estados Unidos, 96 anos após a participação do futebol masculino.

Tal como o Mundial de Futebol (masculino), o Mundial de Futebol Feminino ocorre de quatro em quatro anos. A selecção dos Estados Unidos foi campeã em dois eventos (1991 e 1999), assim como, a Alemanha (2007) e a Noruega alcançou o título mundial em 1995.

No Brasil, a participação feminina também se faz presente no Futsal. Em 2002 foi realizado o primeiro Brasileiro de Seleções Feminino em São Paulo, no qual a Seleção Paulista foi a campeã de forma invicta.

Coadjuvantes no futebol

Como já relatado, o futebol como desporto ou lazer vem de longas datas e, com ele, algumas peças foram vinculadas à sua prática. A bola, o uniforme e a sapatilha, são as que mais se destacam tendo também grande influência nos media.

O momento mais importante do futebol é o instante do GOLO. Assim, foi realizado um levantamento de como esse intento é chamado.

- Na Argentina, Bolívia, Chile, Colômbia, Costa Rica, Cuba, Equador, Espanha, Honduras, Hungria, Itália, Iugoslávia, México, Panamá, Peru, Roménia, Uruguai e Venezuela, diz-se GOL;
- Austrália, Bangladesh, Bélgica, Bulgária, Camarões, Canadá, Chipre, Coreia do Sul, Eire, Egito, Estados Unidos, Finlândia, Gana, Gró-Bretanha, Grécia, Holanda, Iró, Islândia, Israel, Líbia, Luxemburgo, Nova Zelândia, Polónia, Senegal, Suíça, Tchecoslováquia, Turquia e União Soviética. É gritado GOAL;
- Na Argélia, França, Gabão, Mali, Mônaco e Tunísia, é BUT, mas se pronuncia BI;
- Na Alemanha e na Áustria diz-se TOR,
- Na Noruega e na Suécia é MAL,

- E, finalmente, na Dinamarca golo é MALL, sendo pronunciado MOL.

BOLA

Depois de utilizar cabeças humanas como bola, foi inserida no futebol, uma peça redonda feita de couro de boi cheia de areia e recoberta com pêlos, crinas de animais. Os gregos usavam bolas com invólucro externo de couro de cervo ou de porco e uma câmara de ar feita com bexiga do porco. Essa peça representa o protótipo da construção em casca dupla da bola atual, cuja história começou com a patente norte-americana da vulcanização da borracha de autoria de Charles Goodyear, em 1844.

Com o tempo, foram ocorrendo mudanças (Quadro 2) e as primeiras bolas tinham uma abertura por onde entrava uma câmara inflável de borracha.

Quadro 2 – Evolução da bola de futebol			
			
Início do Século XX	Anos 40	Anos 60	Anos 70
			
Anos 80	Ano de 1998	Ano de 2002	Ano de 2006

FONTE: http://www.juninhopaulista.com/Futebol/Historia_da_Bola.htm

A bola de couro curtido tinha uma grande costura no meio, prejudicando a precisão dos remates. Porém, o principal problema surgia na hora de cabecear, quando o cadarço que amarrava a fenda feria a cabeça dos jogadores, obrigando-os a utilizar uma touca para protecção.

Na década de 1940, a bola que imperava nos relvados tinha uma costura interna, sem a abertura e sem o cordão. Novas técnicas eliminaram a costura e impediram que a bola se

deformasse com o uso, o que era muito comum. Entretanto, o seu couro castanho ficava encharcado nos dias de chuva e nos campos cheios de lama.

A partir do Mundial de 1962, a bola passou a ser fabricada com 18 gomos, ganhando uma forma mais perfeita e estável, ganhou impermeabilização não ficando pesada com a chuva. A cor branca que sempre foi usada nos jogos noturnos tornou-se também a preferida nos diurnos depois do Mundial de 70. Nessa época, a bola oficial tinha 32 gomos e era em preto e branco, design que marcou a evolução da bola, uma vez que foi o primeiro mundial a ser transmitido a cores pela televisão.

Para o Mundial de 1978 é lançada a bola ‘Tango’, cujos materiais sintéticos, dão maior durabilidade à bola.

A tecnologia foi grande aliada na bola a ser utilizada nos Mundiais, passando por diversos ensaios em laboratórios, facto que leva à grande atenção da media. Para além da inserção do material sintético, a bola passou a ser auto-inflável, com bomba de ar acoplada à válvula, com chip transmissor de onda de rádio embutido, sendo chamada de “bola inteligente”.

Para o Mundial de 2006, os ensaios realizados indicam que a tecnologia revolucionária favoreceu que os jogadores colocassem em acção todas suas habilidades, já que as qualidades e atributos da bola permaneceram absolutamente idênticos em todos os remates simulados. A bola para esse campeonato foi baptizada de *Teamgeist*, que significa “espírito de equipa”.

CAMISOLAS / UNIFORMES

Neste tópico não foi encontrado nenhum documento histórico ou sobre a evolução dos uniformes ou das camisolas utilizadas pelos jogadores de futebol. Entretanto, algumas referências são pontuais a determinadas equipas.

Verificou-se que, apesar de os historiadores relatarem que números nas camisolas terem sido inventados em 1911, o primeiro mundial em que as seleções usaram números foi o de 1954. A Figura 7 demonstra camisolas desde a década de 1910, quando estas eram de manga longa.



Fig. 7 – Evolução do uniforme de futebol

FONTE: <http://www.futebologia.com.br>

Consta que, pela primeira vez na história do futebol mundial, foi numa partida em Sydney, na Austrália, que os jogadores do HMS Powerfull e do Sydney Leichardt usaram numerações diferentes nas costas das camisolas. No ano seguinte (1912), as equipas de Nueva Gales del Sur (Austrália) foram obrigadas a usar a novidade em torneios oficiais. É relatado que o uso da numeração nas costas dos jogadores, é um invento australiano e não britânico.

Existe muita discussão em torno da colocação de propagandas nos uniforme desportivo. No princípio eram colocadas na camisola e não causavam grande impacto, eram visíveis apenas aos apoiantes presentes no estádio ou nas fotografias. Havia muita resistência por

parte da imprensa, principalmente da imprensa britânica que ameaçava retirar as câmeras caso os jogadores não trocassem o uniforme.

No início dos anos de 1980 as emissoras passaram a ceder mais desde que as propagandas obedecessem aos limites impostos. A oferta de importâncias consideráveis levou as equipas a aceitarem a divulgação de empresas através de estampados nos seus equipamentos, esquecendo a tradição e o conceito de que as propagandas maculavam o uniforme.

Uma curiosidade encontrada foi que os juízes usavam calça comprida e sapatilhas brancas, camisa de malha de lã com mangas compridas, tipo *sweater*, isto a partir de 1902, porque até essa data, eles usavam fatos com colarinho e gravata, sapatos com lustre e chapéu côco. Outra curiosidade observada é que a cor branca é a cor mais utilizada no design das camisolas de equipas de futebol.

No período de 18 a 22 de junho de 2008, em São Paulo, foi realizada a exposição “Vestindo Uma Paixão – A Evolução do Futebol Através das Camisas”. Nesta exposição estão presentes 50 camisolas usadas em jogos representativos de várias etapas da Seleção Brasileira e de equipas do Brasil que disputaram campeonatos internacionais, abrangendo uma trajetória de 50 anos (de 1958 a 2008) desde a primeira vitória do Brasil em Mundiais de Futebol.

SAPATILHAS

A história das sapatilhas para o desporto confunde-se com a história da Adidas, quando Adolfo Dassler criou um sapato de pano especial para corredores. Dassler defendia que toda actividade desportiva deveria ter um calçado específico.

Desde que o processo de vulcanização da borracha foi desenvolvido, em 1839, algumas indústrias de calçados começaram então a substituir as solas de couro pelas de borracha.

As primeiras sapatilhas destinadas à prática do futebol foram confeccionadas para as escolas britânicas. Eram botas robustas com seis travas de metal com o objectivo de aumentar a aderência. Diferente do calçado dos alunos, não havia padronização das sapatilhas para as equipas de futebol até o final do século XIX. O Quadro 3 apresenta a evolução das sapatilhas ao longo do século XX.

Quadro 3 – Evolução da sapatilha de futebol		
		
1904	1954	1970
		
1982	1997	2002

FONTE: <http://www.museudofutebol.com.br>

O desenvolvimento de novos materiais levaram a um maior conforto e à diminuição do peso. O tratamento da superfície do calçado em forma de escamas para evitar que a bola deslize, quando a sapatilha estiver molhada, representa uma novidade no sector, como na patente mundial de 1991.

O envolvimento do desporto com o marketing levou a parcerias para o desenvolvimento de produtos vinculados à imagem dos atletas. A sapatilha desenvolvida pela Nike associada ao jogador Ronaldo – o Fenómeno, é considerada uma grande revolução do design de sapatilhas. Material, dispositivos, ergonomia, anatomia de acordo com as medidas do pé do atleta, foram alguns dos critérios que fizeram dessa sapatilha um produto de grande impacto nos media e no mercado. Em 2008 completam-se dez anos sobre o lançamento da sapatilha que leva o atleta à vinculação da marca, sendo representada a seguir, na Figura 8.



Fig. 8 – Sapatilha ‘mercurial’ Nike

FONTE: <http://nikefutebol.com/mercurial98/>

Futebol no Brasil

Embora o Brasil não seja o berço da criação do futebol, essa modalidade desportiva encontrou no Brasil grande receptividade, de tal forma que o Brasil é muitas vezes chamado o “país do futebol”.

Em 1894, Charles W. Miller, filho de imigrantes ingleses, foi passar uma temporada de estudos na Inglaterra e, no regresso, trouxe consigo uma bola e a técnica do desporto. A prática teve início através de executivos estrangeiros que jogavam depois do expediente de trabalho. Assim, os ingleses, dos mais altos cargos do Banco de Londres, da São Paulo Railway e da Companhia de Gás, ingressaram na prática do futebol, tornando-o um desporto de carácter elitista.

Durante muitos anos, somente brasileiros ricos tinham acesso à sua prática deste esporte. A partir da primeira década do século XX, os colégios de elite de São Paulo e do Rio de Janeiro adoptaram o futebol como prática recreacionista para os seus alunos.

De acordo com a Confederação Brasileira de Futebol (CBF), na década de 1910, os aristocratas do café formam o que seria o primeiro time de futebol organizado do Brasil, a Associação Atlética Ponte Preta. Nesse período também surge o The Bangu Athletic Club, equipa que se destaca devido o seu envolvimento com a classe proletária da Companhia Progresso, uma indústria têxtil sediada em São Paulo.

Como o objectivo inicial era o lazer para os executivos, mas não havia bastantes pessoas para a formação das equipas, optaram pela alternativa de aceitar funcionários operários. Entretanto, os critérios para esse aceite envolviam desempenho, comportamento e tempo de serviço. Os operários seleccionados acabaram por receber privilégios como actividades com menor esforço e, em dias de jogo, saíam mais cedo. Surgiu, assim, o primeiro time de futebol no Brasil não elitizado. Aos poucos a equipa tornou-se bastante conhecida, passando a ser uma estratégia de publicidade, transformando a imagem da empresa em instituição vitoriosa. As pessoas associavam os tecidos 'Bangu' da companhia à vitoriosa equipa de futebol.

Aos poucos os executivos cederam os seus lugares aos operários, assim como o Bangu também era a única equipa que dava lugar aos negros, ainda que com restrições. Esses factos levaram, lentamente, à popularização do futebol que, na década de 1920, atingiu a excelência técnica de países que praticavam o desporto há muito tempo. A partir da década de 1930 verificou-se o declínio do elitismo, com a ascensão do profissionalismo, embora ainda com preconceitos de classe e cor. Nesse período também se inicia o êxodo de jogadores brasileiros para a Europa e alguns países sul-americanos.

Muitos jogadores brasileiros apresentam elevado destaque, tendo o seu ícone Pelé, conhecido como o 'Rei do Futebol'. Pelé também se destacou no exterior. A foto da Figura 9. comemora com uma estátua o guarda-redes inglês Gordon Banks, pela defesa histórica de uma cabeçada de Pelé, durante o mundial de 1970, no jogo entre Brasil e Inglaterra.

O futebol brasileiro passa a ser conhecido internacionalmente pelas estratégias, velocidade, domínio da bola e espírito desportivo da torcida.



Fig. 9 – Pelé em participação internacional

FONTE: <http://colunas.globoesporte.com/conexaogontijo/2008/07/15/pele-na-historia-do-futebol-ingles/>

Uma das maiores distrações da humanidade, pelo menos entre os homens, o futebol é menos perigoso que o álcool, menos ilusório que a religião e proporciona um senso de comunidade mais estrito que qualquer partido político (Murray).

Não só no Brasil, mas numa visão mundial, o futebol cresceu de tal forma que abriu diversos caminhos envolvendo aspectos culturais, sociais e econômicos. Verifica-se que, a partir da década de 1980 o marketing desportivo vem gerenciando o futebol uma vez que este se tornou uma mercadoria de grande valor. O futebol evoluiu em inúmeras culturas sociais e políticas, refletindo-as invariavelmente não só no estilo, mas também no espírito com que o jogo é disputado. As tendências de reconfiguração do futebol foram produzidas pela alteração na legislação desportiva e pela expansão dos mercados associados à comercialização do espetáculo e dos símbolos futebolísticos.

ANEXO II

CRONOLOGIA DOS ÍNDICES TÉRMICOS

ANO	ÍNDICE	AUTOR (ES)
1905	Wet-bulb temperature	Haldame
1916	Katarbermometer	Hill <i>et al.</i>
1923	Efective temperature	Houghton & Yaglou
1929	Equivalent temperature	Dufton
1932	Corrected effective temperature	Vernon e Warner
1937	Operative temperature	Winslow <i>et al.</i>
1945	Thermal acceptance ratio	Ionides <i>et al.</i>
1945	Índice de fisiológico effect	Robinson <i>et al.</i>
1946	Corrected effective temperature	Bedford
1947	Predicted 4-h sweat rate	McArdel <i>et al.</i>
1948	Resultant temperature	Missonard <i>et al.</i>
1950	Craig índice	Craig
1955	Heat stress índice	Belding & Hatch
1957	Welt bulg globe temperature	Yaglou & Mizard
1957	Oxford índice	Lind & Hellon
1957	Discomfort índice	Thom
1958	Thermal strain índice	Lee & Honschel
1959	Discomfort índice	Tomnombaum <i>et al.</i>
1960	Cummulative discomfort índice	Tomnombaum <i>et al.</i>
1960	Índice de fisiológico strain	Hall & Polte
1962	Índice de thermal stress	Givoni
1966	Heat strain índice (corrected)	McKarns & Brief
1966	Prediction of heart heat	Fuller & Brouha
1967	Effective radiant field	Gaggo <i>et al.</i>
1970	Predected mean vote	Fanger
	Thresbold limit value	
1970	Prescriptive zone	Lind
1971	New effective temperature	Gagge <i>et al.</i>
1971	Wet globe temperature	Botsford
1971	Humid operative temperature	Nishi & Gagge
1972	Predected body core temperature	Givoni & Goldman
1972	Skin wettedness	Kerslake
1973	Standard effective temperature	Gagge <i>et al.</i>
1973	Predicted heart heat	Givoni & Goldman
1978	Skin wettedness	Gonzzales <i>et al.</i>
1979	Fighter index of thermal stress	Nuzneley & Stribley
1981	Effective heat strain índice	Kamon & Ryan
1982	Predicted sweat loss	Shapiro <i>et al.</i>
1985	Required sweating	ISO 7993
1986	Predicted mean vote (modified)	Gagge <i>et al.</i>
1996	Cummulative heart strain índice	Frank <i>et al.</i>
1998	Physiological strain índice	Moran <i>et al.</i>
1999	Modified discomfort índice	Moran <i>et al.</i>
2001	Environmental stress índice	
2005	Wet bulb dry temperature	Wallace <i>et al.</i>
2005	Relative humidity dry temperature	Wallace <i>et al.</i>

FONTE: Lv & Liu, 2005: 113 [49]

http://www.usp.br/fau/pesquisa/laboratorios/labaut/trabalhos_recetes/leonardo_monteiro.pdf

ANEXO III

RESISTÊNCIA TÉRMICA DO VESTUÁRIO

Os quadros a seguir foram utilizados por Oliveira [45] em estudos sobre ambientes térmicos, no âmbito da arquitectura.

Quadro 1 – Vestimentas utilizadas no verão			
Traje feminino			
Ano	1930	1940	1950
Vestuário	Saia longa acinturada/ Chapéu	Saia recta/Cores escuras/ Manga/ Roupas íntimas de algodão	Vestido e saia rodada c/ anáguas / Blusa c/ manga
Tecido	Linho/Crepe	Nylon, Linho/Tricoline	Tricoline de seda
Resistência térmica do vestuário (Clo)	0,81	0,81	0,84
Traje masculino			
Ano	1930	1940	1950
Vestuário	Fato, camisola de manga comprida/gravata/chapéu	Fato, camisola de manga comprida/gravata echapéu opcional	Fato, camisola de manga comprida/gravata/chapéu
Tecido	Linho/Cambraia		Algodão/Fibra sintética/Tricoline
Resistência térmica do vestuário (Clo)	1,1	1,1	1,1

Quadro 1 – Vestimentas utilizadas no inverno			
Traje feminino			
Ano	1930	1940	1950
Vestuário	Saia/Blusa/Bolero/Capa 3/4	Saia/Blusa/Meias (nylon)/Capa	Saia (longa)/Blusa/Meias (nylon)/Capa
Tecido	Malha/Lã	Nylon/Veludo/Malha/Lã	Nylon/Veludo/Lã
Resistência térmica do vestuário (Clo)	0,97	0,97	1,00
Traje masculino			
Ano	1930	1940	1950
Vestuário	Fato, camisola de manga comprida/gravata/chapéu	Fato, camisola de manga comprida/gravata/chapéu	Fato, camisola de manga comprida/gravata/chapéu
Tecido	Lã	Cambraia/Lã	Algodão/Lã
Resistência térmica do vestuário (Clo)	1,1	1,1	1,1

FONTE: Oliveira, 2005: 74 [47]

ANEXO IV

CAPILARIDADE VERTICAL E CAPILARIDADE HORIZONTAL

A – Capilaridade vertical

A capilaridade vertical é um processo no qual uma tira de determinado material têxtil (fibroso) é colocada suspensa e com a extremidade inferior imersa em líquido (Figura 1). O movimento de subida do líquido é então monitorizado. Para além dos factores já mencionados, a gravidade é outro aspecto que influencia o processo de capilaridade vertical [75, 79, 80-82].

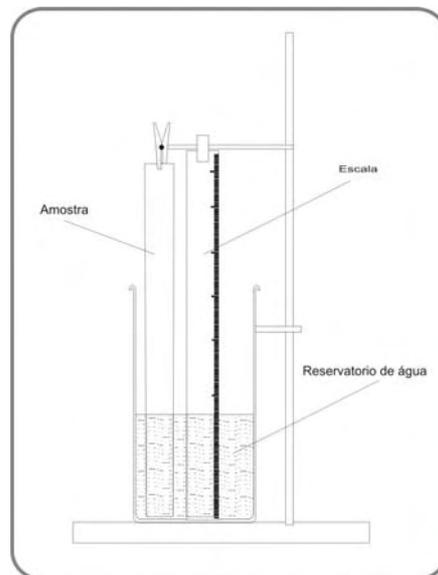


Fig. 1 – Representação esquemática da capilaridade vertical

No momento em que o têxtil entra em contacto com o líquido é gerada uma pressão capilar. Como o líquido penetra nos espaços capilares, a pressão criada retorna devido ao calor hidrostático. Embora a pressão capilar permaneça maior do que o peso do líquido na coluna, a pressão impulsionará o líquido para cima. Considerando que a taxa de capilaridade depende das dimensões capilares e da viscosidade do líquido, o volume do líquido que fica retido na capilaridade é determinado pela taxa da pressão capilar à resistência da viscosidade do líquido [75, 87].

Se a altura da subida do líquido é longa o suficiente, a gravidade pode baixar lentamente a taxa do fluxo antes que o equilíbrio seja encontrado. Durante a subida do líquido são geralmente observadas irregularidades no fluxo do mesmo devido à força da gravidade. O sistema capilar em fios contínuos sob tensão tem capilares mais definidos, nesse caso, o líquido pode “subir” nessas estruturas espontaneamente devido à pressão capilar. O fluxo do líquido torna-se mais rápido quando os canais inter fibras são mais apertados [71, 72, 79, 81]. Para melhor visualização e controlo da subida do líquido pode ser acrescentado um pigmento diluído no reservatório do líquido [75]. A altura da subida do líquido em um determinado tempo, indica directamente a capacidade de capilaridade do tecido ensaiado.

O peso do líquido retido na capilaridade vertical pode também ser verificado. O peso inicial do líquido no reservatório já com o substrato têxtil imerso é registado e ao término do tempo, verificada a massa retida no tecido. Essa massa pode ser expressa em taxa percentual da massa do comprimento no tecido seco, a qual equivale à medida da altura de subida da água.

B – Capilaridade horizontal

A capilaridade horizontal é o transporte do líquido através da estrutura do tecido [74, 75], ocorrendo no sentido perpendicular ao plano do tecido, e podendo ser visualizado na Figura 2. Alguns autores consideram que esta tipologia de capilaridade é mais importante devido ao facto de se assemelhar ao mecanismo durante o uso do vestuário, ou seja, similar ao mecanismo de remoção da transpiração líquida da pele através da espessura do tecido [72, 75].

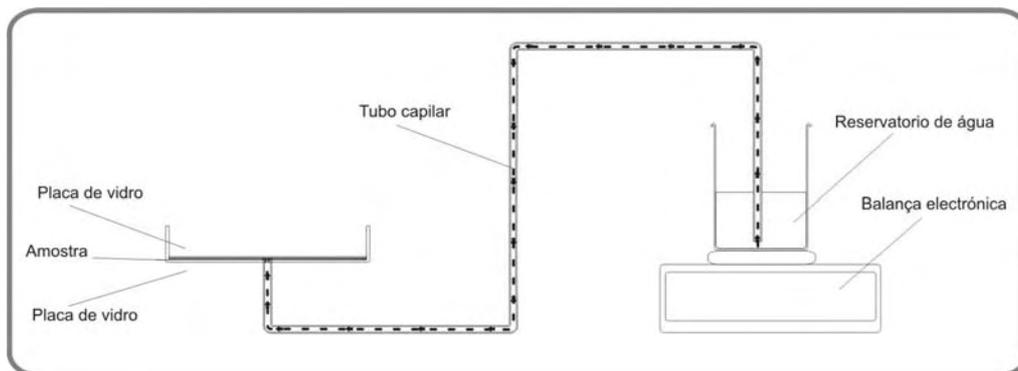


Fig. 2 – Representação esquemática da capilaridade horizontal

A Figura 2 representa o esquema do processo de capilaridade horizontal desenvolvido pelo Departamento de Tecnologia Têxtil do Instituto Indiano de Tecnologia, em Nova Deli. Ao contrário da capilaridade vertical, uma amostra de tecido é colocada horizontalmente sobre uma base de vidro ligada ao reservatório de líquido por meio de um tubo capilar. Acima da amostra é colocada outra placa de vidro de modo que seja assegurado o contacto da amostra com o líquido.

O reservatório do líquido tem a altura regulada a fim de que o menisco do líquido na saída do tubo capilar entre em contacto com a amostra e inicia o fenómeno de capilaridade. O reservatório é colocado sobre uma balança eletrônica que afere o peso do líquido, desde o início até o final do processo. A diferença entre os dois pesos indicará a quantidade de líquido que penetrou na amostra.

Considerando qualquer sistema em que a capilaridade causa um relativo movimento entre um sólido e um líquido, a forma da superfície do sólido é um aspecto muito importante uma vez que esta regula a direcção e a taxa do fluxo do líquido. A forma das fibras influencia o tamanho e a geometria dos espaços capilares entre as fibras e, conseqüente, a taxa de capilaridade. Se ocorrer um aumento no diâmetro da fibra, a área específica aumenta, aumentando assim, a taxa da parede capilar que transporta o líquido e reduzindo o seu fluxo [71].

O movimento do líquido no capilar ocorre em pequenos avanços e quando ocorre em sistema capilar irregular torna-se descontínuo. As várias dimensões nos espaços capilares faz a molhagem avançar em pequenos saltos. Durante a penetração capilar horizontal, a força gravitacional não está envolvida [74, 75].

De acordo com Wang e Li [62], quanto menor a capacidade do tecido na transferência da humidade, maior a quantidade de retenção da mesma e mais elevada é a pressão de vapor, sendo assim maior a humidade e mais molhado o corpo se sente.

A capacidade do vestuário transportar a humidade da pele para a sua camada exterior tem sido amplamente investigada, principalmente para o segmento do vestuário desportivo. Em situações de sudação, a capilaridade é um fenómeno essencial para manter a sensação de conforto. No caso de vestuário com excelentes propriedades de capilaridade, a humidade gerada da pele é absorvida pelo tecido oferecendo uma sensação seca e a distribuição do líquido no tecido permite que a humidade evapore mais facilmente. Devido à sua complexidade, a análise do conforto envolve também os aspectos sensoriais e psicológicos.

ANEXO V

ZONA DE CONFORTO

DATA	ESPECIFICAÇÕES CLIMÁTICAS		ZONA DE CONFORTO (*)
	(°F)	(°C)	(°C)
Anterior a 1900	65-70	18.3-21.11	18.3-21.11
Próximo a 1900	56	13.3	21.11
1914	68	20	20
	40		
1923	66 – 72	18.8 – 22.2	18.8 – 22.2
	19 – 61	-17.2 – 16.11	
1923	63 – 71	17.2 – 21.6	20
	64	17.7	
1925	63 – 71	17.2 – 21.6	21.6
	66	18.8	
1929	66 – 75	18.8 – 23.8	25
	71	21.6	
1939	64.8 – 76	18.24	25.5
	71.8	22.1	
1941	68	20	23.3
1938 – 1956	73 – 77	27.7 – 25	23.3 – 25
	25 – 60		
1960	77.6	25.3	25
	30		
1965	73 – 77	22.7 – 25	23.3 – 25
	HR = Menor que 60%		
1965	77	25	25.5
TBS – Temperatura do bulbo seco		TBU – temperatura do bulbo húmido	
HR – Humidade relativa		TE – Temperatura efectiva	
* Valor tido como óptimo para a temperatura do bulbo seco, com HR = 40%			

FONTE: Oliveira, 2005: 15 [47]

ANEXO VI

CONFORTO SENSORIAL

Inicialmente, as técnicas de avaliação do conforto sensorial foram utilizadas pela indústria alimentar a fim de caracterizar odores e sabores dos seus produtos. Contudo, o uso dessas técnicas tem-se alargado aos mais variados segmentos cujo objectivo se destina à medição das sensações, às preferências dos utilizadores e fornecer ferramentas para efectuar controlo de qualidade. Podem ser citadas as indústrias cosmética, automóvel, civil, informática entre outras, que se utilizam da avaliação sensorial para caracterizar a textura, o toque, o som e a forma dos seus produtos [129-132].

A Figura 1 representa o curso de investigações realizadas para obter dados sensoriais. Como pode ser visualizado, os dados podem ser obtidos tanto por utilizadores comuns de determinado produto, como também por tratamento directo com pessoas treinadas [129]. Nesta metodologia, um pequeno grupo é treinado sobre as características a serem apreciadas no material e sobre os diferentes e inúmeros adjectivos relativos ao aspecto sensorial; ou através do estudo hedónico onde os dados são obtidos a partir de um grande grupo de utilizadores.

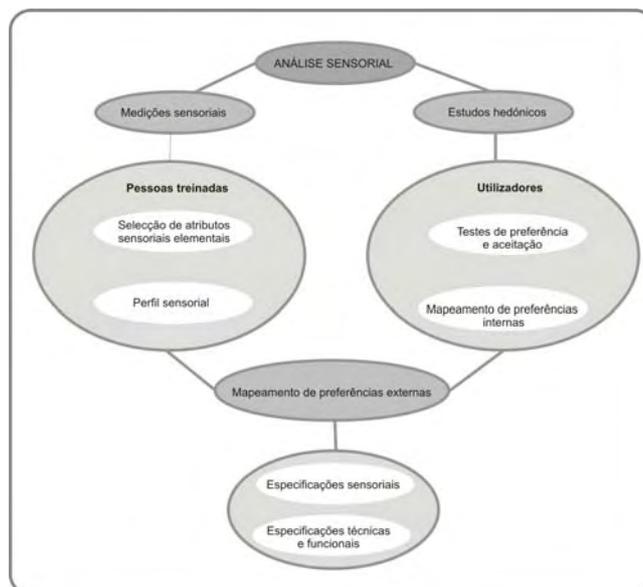


Fig. 1 – Representação esquemática da apreciação da análise sensorial
FONTE: Evin, 2002 [129]

Como pode ser visto na Figura 1, existem duas vertentes para análise: a medição sensorial e o estudo hedônico. As medições têm aspecto objectivo, ou seja, quantificar as características sensoriais; o estudo hedónico refere-se aos gostos e preferencias pessoais.

Três aspectos são considerados na aplicação das técnicas de avaliação do conforto sensorial, tendo em conta o processo de percepção neurofisiológica [129]:

- No fenómeno de interacção entre o ambiente e os receptores os estímulos são criados (este fenómeno pode ser descrito por parâmetros físicos como a temperatura);
- Os estímulos produzem uma excitação nervosa que é traduzida pelo sistema nervoso central (parte objectiva da sensação);
- O sinal é integrado ao cérebro, e assim feita uma comparação com as sensações já conhecidas e, então, é dado um “julgamento”. Esse julgamento é puramente subjectivo uma vez que ele se refere a elementos culturais e experimentais associados ao indivíduo. Nesta etapa, qualquer resposta dada pelo indivíduo é global, tanto sensorial quanto afectiva (verbal, comportamental, etc.).

A análise subjectiva é uma complexa síntese de muitos tipos de respostas psicológicas e fisiológicas dos indivíduos, assim, as respostas subjectivas dos utilizadores não são decididas apenas pelas propriedades físicas do produto, mas também pelos hábitos e experiências de utilizadores [130].

Para a descrição ou obtenção de dados referentes à qualidade sensorial de produtos, os cinco sentidos são a chave da abordagem através de sensações quanto à visão, olfacto, tacto, audição e paladar. No campo têxtil e do vestuário, se sobressaem as investigações realizadas quanto ao toque e à pressão.

A sensação no toque táctil no tecido tem sido reconhecida como um dos atributos mais importantes no desempenho dos têxteis quando se tenciona sua utilização no vestuário.

Essa sensação influencia os consumidores quanto às preferências e a sua compreensão quanto à utilidade do produto, e conseqüentemente, para os retalhistas, as suas possibilidades de venda. Essa propriedade do tecido é fundamental para os fabricantes, designers de moda, e profissionais que trabalham no desenvolvimento e selecção dos materiais têxteis. O toque tem sido definido como uma percepção global da qualidade estética do tecido porque através dele se pode perceber diversas características do mesmo [131, 132].

Através do tacto é possível perceber características (desejáveis ou não) de produtos e objectos quanto à consistência, forma, dureza e outras, quando em contacto com a pele humana. Essa percepção é obtida através de um conjunto de sensações que envolvem outras para além das que se podem considerar estritamente tácteis. As metodologias de análise sensorial foram transpostas com êxito para a avaliação táctil de tecidos de diferentes matérias têxteis.

Largo número de investigações sobre o consumidor têm mostrado que os consumidores procuram não apenas uma roupa bonita, de boa aparência, mas, e principalmente, sentir-se bem, especialmente em situações activas de uso. O conforto e o desempenho funcional do vestuário têm sido identificados como atributos muito importantes exigidos pelo consumidor moderno especialmente para o uso em actividades dinâmicas.

O toque muitas vezes é analisado subjectivamente por pessoas, mas os conceitos de estética são basicamente preferências pessoais. Desta forma, investigadores que têm avaliado o conforto subjectivamente, utilizam a descrição de atributos sensoriais, tais como suavidade, maciez, rigidez, aspereza, atrito de superfície, elasticidade, compressibilidade, entre outros. Evin e Sierkierski [129] afirmam que é possível definir os atributos sensoriais e treinar peritos para a avaliação da qualidade sensorial como também estudos hediónicos devem ser largados para grandes números de utilizadores a fim de maior fiabilidade e reprodutibilidade dos resultados.

Mesmo que essa avaliação seja largamente utilizada no meio científico, para alguns autores, as análises subjectivas manuais não produzem resultados que possam ser utilizados para guiar o design e fabrico de têxteis dando qualidade consistente, pois acreditam que nenhum destes resultados é suficiente para desenvolver modelos ou para comunicar preferências e características desejáveis para a indústria. Neste sentido, e compreendendo a importância desta propriedade, tem sido constante o interesse na investigação e dedicação com o objectivo de quantificar o toque. O investigador Pierce foi o primeiro a argumentar que esta característica é uma quantitativa e pode ser obtida por medição como as demais características têxteis físicas e mecânicas relevantes [129, 133-135].

Embora os estudos de Peirce datem da década de 1930, mais precisamente desde a década de 1970 que estudos científicos exploram a quantificação das propriedades de toque dos tecidos [131], já são muitos os trabalhos no sentido de desenvolver e aplicar técnicas objectivas simples e ao mesmo tempo compreender a relação entre as qualidades do toque sensorial subjectivamente medidas, os valores de toque e as preferências aos atributos sensoriais [129].

Desde então muitos equipamentos e métodos medem as propriedades físicas relacionadas com o conforto táctil, como o KES-F (Kawabata Evaluation System for Fabrics) e o FAST (Fabric Assurance by Simple Testing). Estes métodos são baseados em correlações entre um número de atributos sensoriais de um tecido avaliados subjectivamente, tais como maciez, firmeza, densidade e rigidez, e a correspondência às suas características mecânicas mensuráveis, ou seja, pressão mecânica, atrito de superfície, cair e compressão [131, 136].

Para que as avaliações de percepção subjectiva sejam consideradas fiéis, a correlação entre medições sensorial e instrumental deva ser estatisticamente significativa e que os parâmetros devam ser facilmente detectáveis pelas sensações a explorar. O Quadro 2.12 mostra que a diferença num parâmetro mecânico pode ser linearmente relacionado com a diferença na qualidade sensorial correspondente como segue [136]:

Quadro 1 – Relação entre os parâmetros de medição	
Parâmetros mecânicos	Parâmetros sensoriais
Rigidez à dobra	Rígido/flexível
Espessura	Grosso/fino
Energia de compressão	Macio/rijo
Coefficiente de fricção	Picante/escorregadio

FONTE: Alimaa *et al.*, 2000 [136]

O aspecto sensorial de tecidos de malha feitos com fios de mistura de seda e algodão foi avaliado por Chollakup *et al.* [132]. A seda utilizada na construção dos fios mistos com algodão foi de resíduos da indústria da seda, formados de fibras de casulos descartados, restos de bobinas e fibras com resíduos de gordura. Esse factor aliado à mistura com o algodão e às diferentes proporções da seda nas misturas, levam a diferenças significativas do aspecto sensorial de tecidos feitos 100% seda. Os resultados mostram que esses factores mudaram significativamente a sensação do toque e que a mistura de seda e algodão é fundamental para o produto final para ao cliente.

Em estudo realizado com material anti chamas, Jai *et al.* [131] utilizaram o método de extracção, que acreditam ser eficaz para analisar o toque global do tecido e para quaisquer alterações manuais resultantes das diferentes estruturas de tecelagem e presença de acabamentos ou humidade. O método utilizado envolve os mecanismos de deformação, portanto, relacionados com o peso, a espessura, a flexão e o cair, foram seleccionadas as características de drape, rigidez à flexão e resistência ao atrito. Em suas conclusões, verificaram que o toque determinado por esse método é mais influenciado pelas características físicas do que pelas de superfície.

O toque é determinado pela combinação de várias propriedades físicas como flexibilidade, compressibilidade, vincabilidade, elasticidade, maleabilidade, atrito de superfície, suavidade, maciez, rigidez ou aspereza.

Considerando que a análise subjectiva é uma complexa síntese de muitos tipos de respostas psicológicas e fisiológicas dos indivíduos, as respostas subjectivas dos utilizadores não são

decididas apenas pelas propriedades físicas do vestuário, mas também pelos hábitos e experiências dos utilizadores. A sensação de conforto ao vestir envolve diversos aspectos, entre eles a pressão que o vestuário exerce sobre determinadas áreas do corpo. A sensação de pressão é mais percebida em locais como os joelhos, cotovelos, quadril e costas [31, 99, 137, 138].

A principal causa da pressão no vestuário é a resistência da peça às necessidades do corpo, especialmente no que se refere à redução da modelagem do vestuário e ao crescente movimento corporal. You *et al.* [130,138] investigaram e concluíram que a sensação de pressão e de conforto pela pressão do vestuário, são directamente ligadas ao ajuste e modelagem da peça ao corpo, e à extensibilidade do tecido. Entretanto a adequação e o estilo do vestuário também são aspectos que influenciam na sensação de pressão sobre a pele.

O estudo realizado com o uso de calças compridas em mulheres [130] mostraram que a sensação de conforto em relação à pressão tem baixa correlação com as sensações de maciez e suavidade, mas alta correlação negativa com as sensações de apertar, de arranhar e de peso. Isto indica que o mecanismo psicofísico explica a percepção de pressão do vestuário, através da relação entre as características do tecido e do vestuário e as sensações obtidas dos utilizadores.

Nakahashi *et al.* também mediram a pressão na cintura de utilizadores para determinar os factores que afectam a sensação subjectiva e a resposta fisiológica no vestuário. Os aspectos observados sobre a sensação subjectiva envolveram a sensação de compressão, satisfação da silhueta e o conforto; para as respostas fisiológicas, foram verificados o fluxo sanguíneo na pele, a frequência cardíaca e as temperaturas cutânea e oral; e quanto aos materiais, a dimensão, a estrutura e a pressão no vestuário. Os resultados indicaram que o tamanho da peça tinha grandes efeitos sobre a pressão do vestuário, as sensações subjectivas e as respostas fisiológicas principalmente quando o vestuário era composto de materiais com capacidades elásticas. O estudo desenvolvido foi destinado para a concepção e criação de vestuário confortável feminino [139].

Embora não se relacione com as partes do corpo que causam maior pressão do vestuário, a pressão de bonés em jogadores de basebol foi investigada por Park *et al.* [137] e Kang *et al.* [140]. Nesse grupo de desportistas, o boné faz parte do uniforme. Foram utilizados bonés feitos com materiais com e sem capacidade elástica, de variados tamanhos. Verificaram que os bonés com elastano exercem menos pressão do que os feitos com material não elástico porque estes precisam ser bem ajustados à cabeça para que não caiam; e, para isso, têm que exercer forte pressão. A maior pressão exercida observada foi principalmente na parte inferior traseira da cabeça (região occipital). O melhor nível de conforto foi proveniente dos bonés feitos com material elástico, que se ajustam ao formato da cabeça sem exercer pressão desconfortável.

Zhang *et al.* [141, 142] estudaram a forma como o desgaste de tecidos e a deformação causada por estes durante o uso influenciam a sensação de conforto do utilizador e concluíram que para determinadas profissões, incluindo os desportistas, esse aspecto tem muita importância. Afirmam que a deformação é uma deterioração tridimensional que afecta a aparência e a sensação táctil. A análise foi feita através de método psicofísico, em que obtiveram respostas subjectivas de utilizadores que correspondem a características físicas, de fotografias e medições realizadas com equipamento que simula o braço. Verificaram que as deformações são influenciadas principalmente pelas características da fibra, do fio e da estrutura do tecido, sob as mesmas condições de desgaste.

A pressão exercida sobre o vestuário apresenta desgaste tridimensional e pode ser verificado na Figura 2, que mostra a deformação ocorrida em áreas de maior articulação, como joelhos e cotovelos.

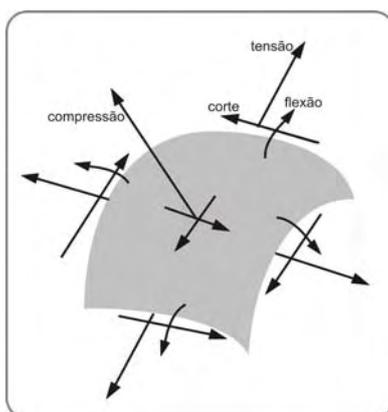


Fig. 2 – Deformação do tecido nas áreas de articulações

FONTE: Zhang, 1999 [141]

No estudo realizado por Alimaa *et al.* [136], foram analisados os aspectos do toque e da pressão na avaliação sensorial de tecidos de malha. Neste estudo verificaram as características relativas à espessura, rigidez e compressibilidade. De acordo com os resultados obtidos da análise sensorial quando comparados com os dados medidos no sistema KES, afirmam que a estimacão da espessura produz a maior parte dos resultados com precisão; os relacionados com a rigidez à dobra do tecido e a compressibilidade podem ser estimados eficazmente.

A percepção de conforto no vestuário é um sentimento psicológico ou julgamento de um utilizador que usa o vestuário, sob certas condições ambientais. Sentir-se confortável com um determinado vestuário não pode ser descrito utilizando apenas parâmetros físicos, embora muitas propriedades objectivas dos tecidos e peças de vestuário sejam relacionadas ao conforto durante o uso do vestuário. A avaliação subjectiva é uma síntese complexa de muitos tipos de respostas psicológicas e fisiológicas de indivíduos às propriedades físicas dos materiais do vestuário. Portanto, a medição subjectiva é fundamental para a avaliação do conforto do vestuário.

ANEXO VII

PROPRIEDADES TÊXTEIS

Propriedades térmicas

A – Condutividade térmica

Como já relatado anteriormente, o vestuário desempenha um papel primordial nas transferências de calor, na interacção no sistema corpo – vestuário – ambiente. Relativamente às propriedades térmicas, o vestuário funciona como isolante ou como condutor de calor e sua função será considerada adequada se estiver em consonância com as condições térmicas ambientais e com o nível de actividade do utilizador.

A condutividade térmica representa a taxa temporal de transmissão de energia, sob a forma de calor, através de um material.

A terminologia condutividade térmica refere-se à energia transferida sob a forma de calor por segundo, através de uma superfície com 1m^2 de área e 1m de espessura, quando a diferença de temperaturas entre as duas faces dessa superfície é de 1K.

No Sistema Internacional (SI) é expressa em Watt por metro e por Kelvin ($\text{W}/(\text{mK})$) sendo definida pela seguinte expressão:

$$\lambda = \frac{qh}{\Delta t} \quad (1)$$

Onde:

q é o fluxo térmico (Wm^{-2})

h é a espessura do material (m)

Δt é o gradiente de temperatura entre duas superfícies (K)

A quantidade de ar existente no tecido está directamente relacionada com a sua transferência de calor, até em maior escala do que as propriedades da fibra em si [143]. Essa transferência pode ocorrer tanto pela condução através das fibras e do ar a elas associado, como também por radiação através dos espaços de ar existentes no tecido. Assim, as diferenças entre as diversas fibras são elevadas porque de umas para as outras varia o modo como as bolsas de ar se formam e dispõem. Para além disso, também se formam autênticas bolsas de ar entre peças de roupa sobrepostas.

O isolamento total fornecido por um conjunto de peças de vestuário é directamente proporcional à distância entre a pele e a superfície exterior do conjunto. Como supra citado, o nível de isolamento necessário para manter a temperatura do corpo depende da actividade que este desenvolve e da temperatura ambiente que o envolve.

B – Resistência térmica

A resistência térmica é a propriedade inversamente proporcional à condução térmica. Se um material tem pouca resistência, significa que tem alta condutividade de calor.

Assim, a sua relação com a condutividade térmica pode ser descrita da seguinte forma:

$$R = \frac{h}{\lambda} \quad (2)$$

Quanto maior for a resistência térmica de um material, menos condutor este será.

Propriedades físicas

Como já mencionado anteriormente, o vestuário cobre o corpo para, entre outras funções, protegê-lo do calor e do frio. Juntamente com a actividade desempenhada, caracteriza-se como uma das variáveis pessoais na avaliação do conforto térmico. O vestuário influencia e interfere no conforto termofisiológico, sensorial, ergonómico e psicológico.

As suas características e propriedades influenciam nas respostas que o corpo precisa para se sentir confortável. Directamente ligadas ao conforto termofisiológico dependem do tipo de fibra, fio, tipo de fabrico (malha ou tecido), tipo de estrutura e beneficiamento.

A – Transporte da humidade

Para avaliar o desempenho no conforto de diversos materiais têxteis, vários investigadores [71, 72, 74, 75, 78-82, 99] estudaram a eficácia do tecido no transporte de humidade sob diversas condições. Tal como já mencionado, foram utilizadas técnicas instrumentais para incorporar gradientes de humidade e temperatura entre o organismo e o ambiente. Alguns estudos utilizaram técnicas instrumentais [49, 66, 68, 77, 144] para medir transferências de humidade e calor simultaneamente em sistemas simulados corpo-vestuário-ambiente. Estes estudos incidiram sobre a compreensão do efeito combinado do transporte de calor e humidade através do vestuário em condições normais de uso, assim como em diversas actividades físicas numa ampla gama de condições ambientais.

Em locais de altas temperaturas ou durante actividades físicas intensas, o corpo transpira em abundância e este facto faz com que o vestuário usado junto à pele se torne saturado com a transpiração. O ideal é que o líquido na superfície do corpo ou na camada interior do vestuário seja transferido para a camada exterior a fim de manter a pele seca e, em seguida, o líquido evaporar da face exterior para o ambiente. Em determinadas circunstâncias a condensação da humidade pode formar-se e resultar no retorno do líquido da camada exterior para o corpo, mesmo que a transpiração não esteja significativamente presente na pele [73, 74, 145]. Portanto, é de extrema importância compreender os mecanismos de transferência de humidade relativamente ao conforto do utilizador na roupa desportiva.

Sabe-se ainda, que, para que seja possível haver o conforto térmico durante uma determinada actividade física, o corpo deve estar em equilíbrio térmico com uma certa temperatura média corporal e a perder uma certa quantidade de calor por evaporação do suor. Dessa forma, verifica-se a necessidade do vestuário favorecer a transferência de calor

e a humidade entre o corpo e o ambiente e possibilitar um microclima agradável [62, 90, 146, 147].

A Figura 1 mostra o movimento ideal de transferência da humidade produzida pelo corpo durante movimentos intensos. O corpo transpira como efeito do metabolismo na busca do equilíbrio térmico; o vestuário “puxa” a humidade, transporta-a para o exterior e a liberta para o ambiente. Quanto maior a eficiência do vestuário, mais rapidamente a humidade é dissipada.



Fig. 1 – Mecanismo de transferência da humidade da pele para o ambiente

FONTE: Adaptação de imagens

No capítulo anterior foram mostrados claramente os fenómenos de molhagem e capilaridade que tratam da penetração e difusão da humidade.

Para o vestuário desportivo essa propriedade é fundamental porque o utilizador está em constante movimento, conseqüentemente maior nível de transpiração. Dependendo do desporto o nível dos movimentos se intensifica mais e, conseqüentemente, a produção de suor ocorre em nível mais elevado tornando necessário o transporte da humidade. Para projectar vestuário para desporto praticado no inverno são consideradas particularidades como a diferença de temperatura na superfície do corpo [77, 90]. É sabido que a sensibilidade térmica humana varia largamente na superfície da pele, onde há áreas mais frias e outras mais quentes.

B – Permeabilidade ao vapor

A sensação de conforto que um vestuário possibilita depende de diversos factores, como já relatado anteriormente, e a capacidade de permeabilidade ao vapor da humidade é um deles, uma vez que está inserida nas propriedades de transporte da humidade.

É reconhecida a importância da capacidade de higroscopicidade das fibras no transporte da humidade através do vestuário. Entretanto, a difusão do vapor da humidade através dos espaços de ar no tecido é mais importante porque é efectivamente mais eficaz do que num tecido de fibra higroscópica, como o algodão [76, 105]. Verifica-se assim, que o transporte da humidade que ocorre através dos espaços livres no tecido não é afectado pela natureza das fibras mas sim pelos capilares do material.

Na verdade, é questionada a correlação entre permeabilidade ao vapor e a capilaridade e a hidroafinidade. Alguns autores [7, 80] defendem que quanto maiores os espaços entre os capilares maior a permeabilidade, e que também quanto mais contínua a capilaridade, maior o fluxo. Outros aspectos são considerados neste fenómeno: para Indushekar e outros [76] a transferência do vapor também depende da temperatura e da humidade das duas faces da amostra. Para Ghali et al. [73] o inchaço das fibras higroscópicas pode ocorrer devido às trocas no grau de saturação o que pode afectar a porosidade e o espaço vazio disponível para o transporte do líquido.

Outro factor que afecta o grau de permeabilidade no vestuário é a quantidade de aberturas que a peça apresenta. Além de todos os requisitos já mencionados sobre as características do material têxtil, o design da peça interfere na circulação do microclima do sistema do vestuário [146].

A troca de ar entre o microclima do vestuário roupa e o ambiente externo, tem um efeito significativo sobre a evaporação e a perda de calor seco do utilizador [76, 97, 105, 146]. Durante actividades que causam sudação ou quando o indivíduo se encontra em local de

temperatura elevada, é importante a produção do suor para facilitar a difusão de humidade através do vestuário, a fim de manter o utilizador confortável.

Em situações de transpiração sensível na qual a fase inicial se dá por meio do suor em forma de vapor, o tecido com boa capacidade de permeabilidade fornece condições para que a humidade da pele se dissipe rapidamente e não afecte o conforto do utilizador. Numa posição intermediária entre a pele e o meio ambiente, o tecido com elevada capacidade de permeabilidade ao vapor permite que o corpo humano forneça o arrefecimento devido à evaporação do suor. Por outro lado, quando a resistência à difusão do vapor d'água é alta e o movimento da humidade é impedido, pode surgir a sensação de desconforto de humidade e pegajosidade.

Os factores que determinam – interferem e/ou influenciam – a difusão do vapor da humidade através da capilaridade incluem parâmetros estruturais como a finura da fibra e do fio, estrutura e a densidade do tecido (porosidade) e da capacidade de absorção da humidade do material, para além da diferença de temperatura entre as duas faces do material [76, 97].

Existem vários métodos normalizados disponíveis para a medição da permeabilidade ao vapor d'água de tecidos. O ASTM E96 foi criado determinar a taxa de transferência do vapor d'água de materiais com alta resistência ao vapor d'água, e não para têxteis, porque eram considerados finas misturas de ar e fibras. Mas devido à sua ampla aceitação e conveniência, passou, e continua a ser, utilizado para ensaios em tecidos [62, 76]. De uma forma geral, a permeabilidade ao vapor é verificada após medição do volume de água antes e depois de um determinado período de tempo. A permeabilidade do tecido ao vapor d'água é a diferença do peso, de água no recipiente utilizado, sua unidade expressa peso/área de superfície/tempo, como por exemplo, g/m²/dia. Outras normas padronizadas conhecidas, são a ISO 11902, ISO 14796, BS 7209, CAN2-42-M77, Gore cup BPI 1.4, CAN/CGS-42 N° 49-m91, ASTM D1533, AFNOR – G 07 – 109 [62, 76, 105].

Existem algumas diferenças nas condições e técnicas aplicadas nos ensaios para além de diferenças de parâmetros. Consequentemente, resultados obtidos com normas diferentes podem dar resultados incomparáveis [76], chegando a apresentar, inclusivamente, diferenças em torno de 45 a 50%.

Em virtude desse estudo estar ligado ao desenvolvimento de produto para a área desportiva, convém salientar que a taxa constante de transpiração difere de uma área do corpo para outra. Para além disso, o grau de intensidade da actividade física causa diferenças regionais no grau de aumento na taxa de suor. No planeamento e desenvolvimento de produtos para o desporto torna-se necessário o conhecimento sobre as características regionais do suor e das taxas de ventilação. O uso desses conhecimentos pode permitir uma melhor precisão na avaliação do vestuário, e resultar em produtos com maior eficiência nas propriedades de gestão da humidade [146].

C – Permeabilidade ao ar

Como já se sabe, em actividades de nível físico elevado ou em ambientes quentes, a evaporação do suor torna-se um importante meio de perda de calor. Como o vestuário se posiciona entre o corpo e o ambiente, tem o papel de permitir a adequada evaporação do vapor da humidade da superfície da pele para evitar uma sensação desagradável. A capacidade de permeabilidade ao ar do material irá incidir directamente no efeito de evaporação da humidade.

Durante os movimentos, a permeabilidade ao ar determina a resistência de um tecido à penetração do vento o que afecta o isolamento fornecido pelo vestuário. O transporte do fluxo de calor acompanha a evaporação do vapor d'água e a sua evaporação através da roupa [148, 149].

Num determinado nível de actividade, os intervalos de temperatura e humidade, nos quais a peça será considerada confortável, são dependentes do isolamento térmico do material do vestuário e da taxa com que o material permite que o vapor de humidade o trespasse. A regulação da temperatura do corpo humano ocorre pela evaporação da transpiração [150].

Quando o vapor no espaço da roupa junto ao corpo está húmido, o corpo não pode arrefecer através de calor latente de evaporação, fazendo com que o utilizador se sinta quente e desconfortável.

A afirmação de que “as propriedades estruturais do material do vestuário têm papel fundamental na permeabilidade ao ar, e que essa característica influencia directamente o nível de evaporação” é controversa. Militký *et al.* [149] citam estudos que deixam clara a correlação entre a permeabilidade ao ar e a porosidade que depende directamente da estrutura dos fios e dos tecidos.

É nítida a correlação entre a permeabilidade ao ar e os parâmetros estruturais em malhas jersey, principalmente no que se refere à sua porosidade. Em estudos realizados por Benltoufa *et al.* [151], o efeito do comprimento de laçada tem grande influencia sobre a porosidade do que a densidade e a espessura. Concluíram também que, quanto maior o número de fios ou a sua titulação, menor a porosidade. Os factores que influenciam a permeabilidade ao ar nos tecidos descritos por Ogulata [152] são todos estruturais: tipo de estrutura do tecido, o número de fios por polegada ou centímetro, a quantidade de torção nos fios, tamanho e tipo de diâmetro além de características do fio como a porosidade e a secção transversal.

Entretanto, Militký *et al.* [149] demonstram através de modelagem linear e não linear que a correlação existente entre a permeabilidade ao ar e a porosidade é muito baixa mas apresentam uma correlação moderada entre os parâmetros estruturais (finura dos fios trama e teia) e a permeabilidade ao ar.

A permeabilidade e o isolamento térmico do vestuário são afectados pela circulação de ar gerada pelo movimento do utilizador e pela velocidade do vento [148]. As sensações térmicas, de conforto da roupa, de pele húmida ou suada dependem do grau de evaporação que o sistema do vestuário fornece. A sensação de conforto térmico e da roupa está relacionada com a humidade da pele, uma vez que quanto mais a pele se torna húmida, maior o grau de desconforto [153,154]. Se a humidade se encontra em elevado nível pode

inibir a evaporação o que resulta em acúmulo de calor dentro do corpo a gerar uma sensação de “corpo quente”.

Para produtos destinados ao sector desportivo, as propriedades de transferência de humidade e calor são vitais para que o tecido possa absorver e libertar imediatamente, mantendo o corpo seco; a estrutura capilar é o factor determinante [82]. Já nos estudos de Ha *et al.* [153], o tecido que tinha maior capacidade de permeabilidade, de absorção e recuperação da humidade ofereceu a melhor sensação subjectiva de conforto, ou seja, material que tem por base uma fibra natural higroscópica, o algodão. Ha *et al.* sugerem que a combinação entre a permeabilidade ao ar e a capacidade de recuperação da humidade pode ser significativa no microclima da roupa e na temperatura da superfície da pele.

São conhecidos alguns métodos e técnicas para medir a permeabilidade ao ar. Para calcular a permeabilidade, é verificado o fluxo de ar através de uma área específica considerada sob determinada pressão para que atravesse o material têxtil. Os métodos de ensaio para a medição da permeabilidade ao ar dos tecidos incluem: ASTM D737, TQD-G1 (<http://www.labthinktestinstruments.com/air-permeability-tester.html>), EN ISO 9237 (substituí DIN 53887-B), GME 60286 e BS7209.

Um tecido com alta permeabilidade – tanto ao vapor de água como ao ar – pode prevenir ou minimizar a acumulação de humidade dentro do microclima do vestuário. O conforto total do utilizador, sob condições húmidas e térmicas passageiras, é largamente determinado pela percepção de calor e humidade.

D – Flexibilidade

O interesse pelo comportamento dos materiais têxteis existe desde a Antiguidade que, embora não seja citado na literatura convencional, é bastante demonstrado pela deslumbrante exactidão da forma como as esculturas são vestidas. A representação escultural indica conhecimento dos seus criadores no comportamento dessas matérias têxteis relacionadas com o cair, do efeito de suspensão do tecido, curvas e pregas.

As propriedades mecânicas dos tecidos foram primeiramente estudadas durante o século XIX por investigadores alemães que trabalhavam no desenvolvimento de dirigíveis. O estudo do comportamento do cair de tecidos remonta a um estudo de Peirce (1930) no qual as medidas de rigidez do tecido foram usadas para obter a rigidez à flexão dos mesmos. A rigidez à flexão do tecido é um simples cálculo na combinação entre a flexão no comprimento e o peso. A rigidez à flexão do tecido depende da espessura. De acordo com o estudo de Peirce, 1930, duplicando a espessura a rigidez à flexão aumenta oito vezes. Assim, a rigidez à flexão foi convertida em módulo de flexão que leva em consideração a espessura [133-134, 156-160].

Peirce desenvolveu o "Método Cantilever" para medição das propriedades de flexão do tecido. A característica da flexão é utilizada como uma medida para avaliar o cair dos tecidos.

O Peirce Cantilever está actualmente disponível comercialmente como o Shirley Stiffness Tester (Figura 2a). O princípio do ensaio está representado na Figura 2b. Uma faixa rectangular de tecido desliza sobre uma área plana e dobra sob o próprio peso até que chegue ao ângulo de $41,5^\circ$. Quanto maior a projecção do comprimento, ou quanto mais demorar a atingir o ângulo, mais rígido é o tecido.

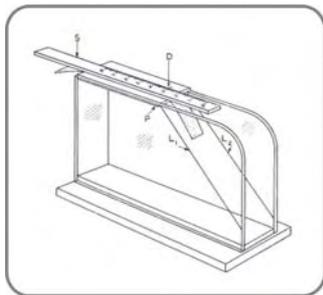
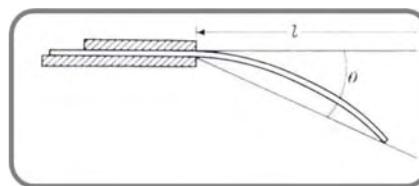


Fig 2a – Shirley Stiffness Tester



**Fig 2b – Princípio do Cantilever
Stiffness Tester**

Usando o valor médio do comprimento da dobra (C) Peirce calculou a rigidez à flexão (G) e o módulo de dobra (q). Para o comprimento (l) e o ângulo (θ), a dobra do comprimento (C) é calculada com base na fórmula:

$$C = lf_1(\theta) \quad (3)$$

Onde:

$$f_1(\theta) = \left[\frac{\cos \frac{1}{2}\theta}{8 \tan \theta} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (4)$$

A rigidez à flexão (G) pode ser calculada a partir da dobra do comprimento (C) e pelo peso, usando a seguinte fórmula:

$$G = 3,39W_1C^3 mg / cm \quad (5)$$

ou

$$G = W_210^3 mg / cm \quad (6)$$

Onde:

W_1 é o peso do tecido em onças por jarda quadrada

W_2 é o peso em gramas por metro quadrado

E o ângulo (θ), da dobra é calculado como:

$$q = \frac{732G}{g_1^3} Kg / cm^2 \quad (7)$$

ou

$$q = \frac{12G \times 10^{-6}}{g_2^3} Kg / cm^2 \quad (8)$$

Onde:

g_1 = espessura do tecido em milésimos de polegada

g_2 = espessura do tecido em centímetros

Mesmo após muitos anos, este método de medição ainda é considerado o método padrão para o cálculo da rigidez à flexão. Algumas normas regem os procedimentos de determinação do coeficiente de rigidez à flexão, como ASTM D1318-07a e BS 3356: 1961.

A investigação nesta área foi sempre contínua, e passou da análise bidimensional para uma análise mais complexa considerado a tridimensionalidade do cair. Assim, com o aprofundamento dos estudos, surgiu a análise do cair, com o objectivo de verificar outros parâmetros como vincos, ângulos, cisalhamento e histerese.

E – Cair

O cair é a deformação do tecido produzida pelo seu próprio peso quando apenas parte dele está directamente apoiada numa superfície, sem forças externas, para além da gravidade. Quando um tecido é drapeado, certas partes dele formam curvas em mais de uma direcção.

Para a concepção e desenvolvimento do vestuário, o comportamento do cair é determinante de muitas qualidades práticas do vestuário [155, 156, 159, 161]. Esta propriedade permite que um tecido possa ser moldado na forma desejável, está ligada à silhueta do utilizador e ao caimento do vestuário sobre as formas do corpo, proporcionando uma aparência graciosa. Assim, muitas investigações sobre o cair de tecidos têm sido desenvolvidas para avaliar o seu efeito estético [160-162].

O estudo a respeito da propriedade do cair iniciou-se com Peirce em 1937. Entretanto, os estudos incipientes consideravam a bidimensionalidade do tecido quando o fenómeno envolve curvaturas tridimensionais. Em 1965, Cusick criou um aparelho baseado no princípio de Chu *et al.*, 1950 e 1960), o ‘Drapemeter’ – um instrumento concebido para medir o ângulo através do qual uma amostra de tecido caiu durante um determinado tempo e o comprimento foi medido ao longo de uma aresta. Assim, foi compreendida a natureza do cair [155, 156, 159, 160, 161, 163].

Desde então, estudos teóricos, experimentais e de simulação têm sido amplamente difundidos devido à complexidade de captação, tratamento e avaliação da deformação tridimensional de uma peça [155-164].

Trabalhos realizados com malhas e tecidos, por Uçar *et al.* [155] mostraram que o coeficiente do cair aumenta não somente pelo número de costuras como também pelo aumento nas pelo peso do tecido. Isso significa que posições, tipos, estruturas e quantidades de costuras no tecido alteram o coeficiente do cair, e mais significativamente no tecido do que nas malhas. Esse aspecto é importante de ser ressaltado, tendo em vista que este trabalho pressupõe o uso de peças confeccionadas através da tecnologia *seamless*.

Os princípios de engenharia envolvem três tipos de avaliação quanto à drapeabilidade do tecido, ligadas às propriedades e à aparência estética do cair no tecido [158]:

- As medições objectivas das propriedades do tecido tais como corte, dobra e peso;
- Os atributos de cair objectivamente medido pelo *drapemeter*, a saber o coeficiente do cair, número, profundidade e uniformidade das pregas; e
- A avaliação subjectiva do cair de um tecido, em relação à sua utilização final.

Os métodos convencionais são muito demorados e exigem habilidades do operador, como também o coeficiente do cair sozinho é insuficiente para descrever o aspecto estético e o conforto do vestuário. Assim, outros recursos foram adoptados, principalmente os informatizados que reflectem factores mais complicados como alongamento, dobra, energia gravitacional e auto repulsão, embora ainda incapaz de representar a complexa deformação do tecido [164].

Por outro lado, os métodos de análise de imagem, para além da redução do tempo, exigem menos tempo e habilidade do operador do que o método convencional e define alguns factores adicionais relevantes, como a proporção da distância do cair, o número de pontos de curva e o índice de profundidade da prega. Alguns instrumentos a utilizar este método se

baseiam principalmente na diferença da área total da amostra e a área ocupada pela área drapeada, com alguns componentes como softwares de processamento de imagens [164].

O cálculo para encontrar o coeficiente do cair baseia-se na relação entre a área da amostra, a área do suporte e a área drapeada, ou no diâmetro da amostra, usando a medida do raio, como pode ser percebida na seguinte fórmula [156, 159, 164].

$$\text{Coeficiente do cair} = \frac{A_d - A_1}{A_2 - A_1} \times 100 \quad (9)$$

Onde:

A_d é a área da amostra projectada

A_1 é a área do suporte da amostra

A_2 é a área da amostra

A Figura 3 mostra a definição das áreas utilizadas na fórmula.

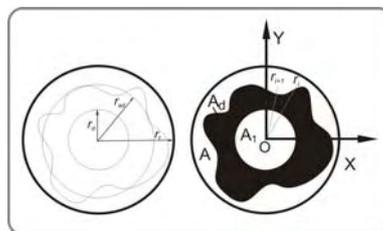


Fig. 3 – Esquema do cair

Geralmente o coeficiente do cair dos tecidos é determinado antes de sua transformação em peça do vestuário. Durante o fabrico da peça o número de operações realizadas tende a mudar o comportamento do cair do tecido. O design da peça envolve costuras, detalhes e acessórios e estes alteraram significativamente o comportamento de drapeabilidade do tecido antes da confecção do produto [159, 164].

Dai [164] mostra uma técnica para visualizar em 3D a drapeabilidade de uma amostra e a partir dos resultados da amostra simula uma saia vestida num corpo feminino. O método

proposto reflecte as propriedades mecânicas do tecido em um programa computacional 3D. Considerou as características mecânicas do material na sua drapeabilidade como dobra, cisalhamento, peso e alongamento, entretanto, ainda são consideradas as limitações de apresentação do cair sobre os movimentos do utilizador.

A computação gráfica possibilita obter dados mais realistas com animações, imagens e contrastes de alta definição que reproduzem o comportamento do tecido. Já a investigação têxtil concentra-se mais em descrever os complexos mecanismos inerentes ao comportamento do tecido tais como perfis de curvas e ângulos, flexão, corte e resiliência para além dos tradicionais parâmetros técnicos.

Algumas normas padronizadas regem os procedimentos para determinar o coeficiente do cair, como a ASTM D 1777-64 e BS 3356.

ANEXO VIII

NORMAS E EQUIPAMENTOS

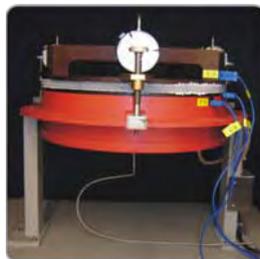
Os equipamentos a seguir mostrados foram utilizados durante este trabalho de acordo com cada Norma atribuída.



Aparelho – Digital thickness gauge
Norma – NP EN ISO 5084: 1999
Teste – Propriedades de espessura



Aparelho – Manequim térmico - Maria
Norma – ISO 15831:2004
Teste – Propriedades térmicas



Aparelho – Togmeter
Norma – BS 4745: 1971
Teste – Propriedades térmicas



Aparelho – Permeabilímetro ao vapor
Norma – BS 7209: 1990
Teste – Propriedades de permeabilidade ao vapor de água



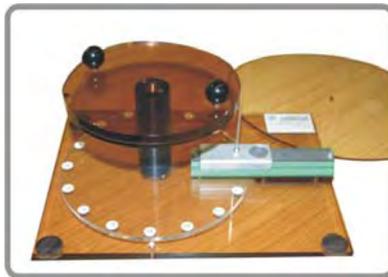
Aparelho – FX 3300 Air permeability tester III – Permeabilímetro ao ar
Norma – ISO 9237: 1995(E)
Teste – Propriedades de permeabilidade ao ar



Aparelho – Digital bursting strenght tester
Norma – NP EN ISO 13238-1: 2001
Teste – Propriedades de rebentamento



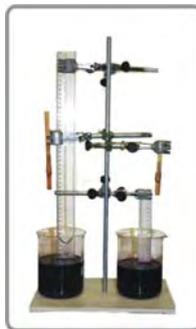
Aparelho – Stiffness tester - flexómetro
Norma – BS 3356: 1961
Teste – Propriedades de flexão



Aparelho – Medição do cair
Norma – AFNOR – G 07 - 109
Teste – Propriedades do cair



Aparelho – Le maillemeter
Norma – NFG 07101 e NFG 07104
Teste – Propriedades dimensionais do fio



Aparelho – Capilaridade vertical*
Procedimento interno
Teste – Propriedades de capilaridade



Aparelho – Capilaridade horizontal**
 Procedimento interno
 Teste – Propriedades de capilaridade

Outras normas utilizadas:

NORMA	DESIGNAÇÃO
NP EN 20132: 1996 (ISO 132: 1973).	Atmosferas normalizadas de condicionamento e ensaio
NP EN 12127: 1999	Determinação da massa por unidade de superfície em amostras de pequenas dimensões.
NP 1701: 2000	Determinação da massa por unidade de comprimento e da massa por unidade de superfície.
NP EN 1049-2: 1995	Determinação do número de fios por unidade de comprimento.
NP 1808: 1998	Preparação da amostra e dos provetes para ensaio.
BS 2016: 1961	Densidade linear das fibras têxteis
NP EN ISO 2060: 1996	Determinação da massa linear dos fios

- ***CAPILARIDADE VERTICAL** – Procedimento interno

Preparo dos provetes a testar: cortar cinco provetes (2,5cm x 20cm) no sentido vertical (teia, se for tecido; coluna se for malha) e cinco provetes no sentido horizontal (trama se for tecido; fileiras se for malha).

Preparar uma solução de água destilada com corante – de preferência que permita visualizar a penetração do líquido no provete – e colocar em reservatório (copo de becker de 1l) cerca de 500ml.

Fixar a régua no suporte vertical de modo que fiquem submersos 3cm da mesma na solução. Colocar um clipe em uma extremidade do provete, o qual serve como peso para que a mesma fique submersa na solução.

Na outra extremidade fixar o provete paralelamente à régua de modo que fique na altura de 20cm desta.

Colocar na solução ao mesmo tempo em que accionar o cronómetro e verificar por dez minutos. Controlar e registar a cada minuto a evolução vertical da capilaridade.

Convém observar se ocorre penetração por capilares individuais, porque o registo deve ser sempre do nível mais alto de capilaridade, independente da área ocupada.

Obs.: A cada início de controlo verificar o nível da solução, se está nos 3cm da régua.

Concluído o teste com os cinco provetes, fazer a média de penetração após a retirada dos 3cm que ficaram submersos, ou seja, o valor correspondente à penetração é o que passará acima do nível dos 3cm.

Pode-se fazer os cálculos para minuto ou para segundo, desde que se faça a equivalência, assim, a unidade de representação será cm/min ou cm/s.

- ****CAPILARIDADE HORIZONTAL** – Procedimento interno

Preparo dos provetes a testar: cortar cinco provetes (20 cm x 20cm).

Colocar água em um becker ao nível de que a água que sai na placa fixa de vidro apareça apenas o menisco da gota. O becker deverá ser colocado sob balança de precisão com 4 casa decimais.

Para o início do ensaio, o peso do líquido e do becker deve ser superior a 177,3g, este valor corresponde ao nível ideal de água para o início do processo de capilaridade.

O provete deverá ser ajustado à placa móvel de vidro.

À medida que o cronómetro é accionado, colocar o provete sobre a placa de vidro fixa, juntamente com a placa de vidro móvel de modo que o provete fique entre as duas placas de vidro.

Controlar e registar a 30s a evolução vertical da capilaridade.

Obs.: A cada início de controlo verificar o nível da solução, se esta se encontra com o peso inicial indicado para a realização do ensaio.

Concluído o teste com os cinco provetes fazer a média de penetração e verificar através de gráfico a curva de evolução. A unidade de representação é o grama (g).

ANEXO IX

INQUÉRITO APLICADO

Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Projecto desenvolvido pelo Centro de Ciência e Tecnologia Têxtil
Unidade de Prototipagem de Materiais Fibrosos
Apoio 



Caro atleta,

____/____/____

Estamos a investigar a possibilidade de maximizar as propriedades dos equipamentos do **Sporting Clube de Braga**, para isso solicitamos a sua colaboração neste inquérito, **colocando uma cruz na resposta escolhida, sobre as T-shirts utilizadas neste momento**. Precisamos de conhecer as T-shirts actuais para, assim, podermos desenvolver outras com propriedades mais adequadas ao desporto que pratica.

A – Especificações básicas

Idade – _____ anos

Posição que ocupa na equipa

- Defesa
- Médio
- Atacante
- Guarda-redes
- Polivalente
- Defesa e médio

Tempo de uso da T-shirt

- 15 minutos
- 30 minutos
- 45 minutos
- 90 minutos

Sensação inicial ao vestir a T-shirt

- Confortável
- Colante ao corpo
- Áspera

Sensação final, após o tempo de utilização

- Confortável
- Colante ao corpo
- Áspera

Quando utiliza essa T-shirt, utiliza também a T-shirt interior?

- Sim
- Não

Por que? (pode assinalar mais de uma opção) Para o equipamento não colar no corpo
 Fico mais confortável

B – As próximas questões referem-se às características observadas durante a utilização do equipamento:

<p>1. Quanto à absorção do suor</p>	<p>– O suor foi absorvido pela T-shirt <input type="checkbox"/> Não percebi <input type="checkbox"/> Logo no início <input type="checkbox"/> Algum tempo depois <input type="checkbox"/> Só próximo do término do uso</p> <p>– A T-shirt absorveu o suor na frente <input type="checkbox"/> Não percebi <input type="checkbox"/> Logo no início <input type="checkbox"/> Algum tempo depois <input type="checkbox"/> Só próximo do término do uso</p> <p>– A T-shirt absorveu o suor nas costas <input type="checkbox"/> Não percebi <input type="checkbox"/> Logo no início <input type="checkbox"/> Algum tempo depois <input type="checkbox"/> Só próximo do término do uso</p>
<p>2. Quanto à sudorização</p>	<p><input type="checkbox"/> Produzo mais suor nas costas <input type="checkbox"/> Produzo mais suor no peito/abdómen <input type="checkbox"/> Produzo mais suor debaixo dos braços (axilas) <input type="checkbox"/> Produzo mais suor no pescoço</p>
<p>3. Quanto à respirabilidade / circulação do ar</p>	<p>– Percebi que senti frio <input type="checkbox"/> Não percebi <input type="checkbox"/> Logo no início <input type="checkbox"/> Algum tempo depois <input type="checkbox"/> Só próximo do término do uso</p> <p>– A T-shirt colou ao peito <input type="checkbox"/> Não percebi <input type="checkbox"/> Logo no início <input type="checkbox"/> Algum tempo depois <input type="checkbox"/> Só próximo do término do uso</p> <p>– A T-shirt colou às costas <input type="checkbox"/> Não percebi <input type="checkbox"/> Logo no início <input type="checkbox"/> Algum tempo depois <input type="checkbox"/> Só próximo do término do uso</p> <p>– Percebi que senti calor <input type="checkbox"/> Não percebi <input type="checkbox"/> Logo no início <input type="checkbox"/> Algum tempo depois <input type="checkbox"/> Só próximo do término do uso</p>
<p>4. Quanto à resistência</p>	<p>– Caso a T-shirt tenha se rasgado <input type="checkbox"/> Porque caí ao chão <input type="checkbox"/> Foi devido a uma puxada do adversário <input type="checkbox"/> Outro _____</p>

5. Quanto à secagem	– Evaporação durante o uso	<input type="checkbox"/> Não senti a T-shirt molhada <input type="checkbox"/> A T-shirt molhou mas logo secou <input type="checkbox"/> A T-shirt molhou e não secou <input type="checkbox"/> A T-shirt molhou e secou só próximo do término do uso
6. Quanto à ergonomia	– Partes que incomodam (pode assinalar mais de uma opção) – Costuras que incomodam (pode assinalar mais de uma opção)	<input type="checkbox"/> Decote <input type="checkbox"/> Cavas <input type="checkbox"/> Barra das mangas <input type="checkbox"/> Barra da T-shirt <input type="checkbox"/> Largura da T-shirt <input type="checkbox"/> Gola/decote <input type="checkbox"/> Nas laterais <input type="checkbox"/> No encontro tecido/tela furada <input type="checkbox"/> Nos ombros
7. Quanto à flexão / cair	<input type="checkbox"/> A T-shirt é maleável <input type="checkbox"/> A T-shirt é rígida	
8. Quanto à sensação ao toque	<input type="checkbox"/> A T-shirt é macia <input type="checkbox"/> A T-shirt é áspera	
9. Quanto ao peso	<input type="checkbox"/> A T-shirt é leve durante todo o uso <input type="checkbox"/> No início do uso a T-shirt era leve, ficou pesada e depois ficou leve novamente <input type="checkbox"/> Depois que suei a T-shirt ficou pesada	
10. Quanto ao design visual do equipamento	<input type="checkbox"/> Muito feio <input type="checkbox"/> Razoável <input type="checkbox"/> Bonito <input type="checkbox"/> Muito bonito	

C – As próximas questões referem-se a opiniões relativamente ao design do equipamento:

11. Acha que o equipamento tem influência sobre o desempenho ou performance do atleta?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
12. Acha que existe possibilidades de melhorar o equipamento existente?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
12.1 Se acha que existe possibilidades de melhorar o equipamento existente, você tem sugestões?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
12.2 Se sim, qual (is) pode citar?	<hr/> <hr/>

11. Quanto ao nível de satisfação geral	<input type="checkbox"/> Muito baixo <input type="checkbox"/> Baixo <input type="checkbox"/> Mediano <input type="checkbox"/> Elevado <input type="checkbox"/> Muito elevado
---	--

ANEXO X

ANÁLISE ESTATÍSTICA Dados referentes ao Capítulo 5

Capilaridade horizontal

- Combinações PES/AQT

A Figura 1 apresenta os resultados obtidos nas combinações PES/AQT.

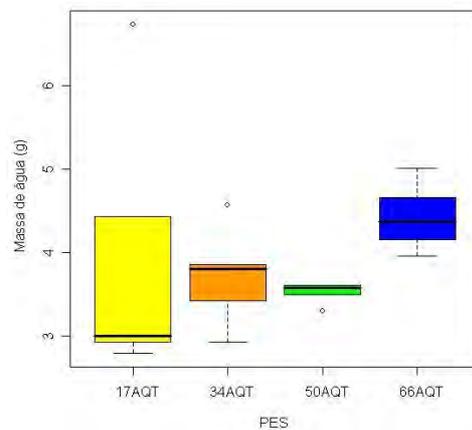


Fig. 1 – Capilaridade horizontal PES/AQT

Neste conjunto de combinações verificou-se que não há evidência estatística de um comportamento distinto para a variável capilaridade horizontal em função dos diferentes níveis de AQT, (Kruskal Wallis, $p - valor = 0.1303$).

- Combinações PP/AQT

A Figura 2 apresenta os resultados obtidos das misturas PP/AQT:

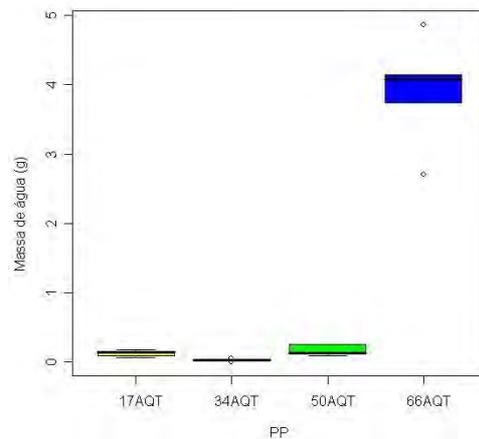


Fig. 2 – Capilaridade horizontal PP/AQT

Há evidência estatística de que a combinação 66%AQT proporciona maior influência na capilaridade horizontal e que os demais níveis de AQT (17%, 34% e 50%) afectam igualmente a capilaridade horizontal (ANOVA, $p = 1.859e^{-14}$, Tukey).

- Comparação entre as combinações PES/AQT e PP/AQT

A partir dos resultados encontrados através do t.test, há evidências estatísticas de que:

- A combinação 17%PES/AQT afecta de forma mais significativa a variável capilaridade horizontal do que a combinação 17%PP/AQT, ($p - value = 0.006871$);
- O desempenho da combinação 34%PES/AQT é significativamente maior do que 34%PP/AQT, ($p - value = 0.0001656$);
- A combinação 50%PES/AQT apresenta resultado significativamente superior ao da combinação 50%PP/AQT, ($p - value = 3.549e^{-11}$);
- A combinação 66%PES/AQT afecta de forma mais significativa a variável capilaridade horizontal do que a combinação 66%PP/AQT ($p - value = 0.2250$).

- Combinações PES/OUT

Observando-se e representando graficamente os dados obtidos das combinações PES/OUT, verifica-se, na Figura 3, um comportamento distinto para a variável capilaridade horizontal em função dos diferentes níveis de PES/OUT.

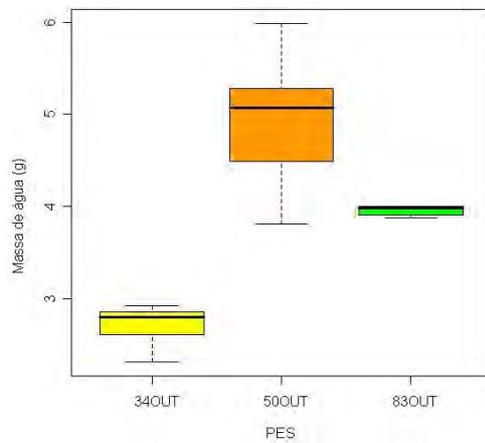


Fig. 3 – Capilaridade horizontal PES/OUT

Há evidência estatística que todos os níveis de OUT afetam a capilaridade horizontal, e que a combinação com 34% de OUT é a que tem maior significância (ANOVA, $p - valor = 5.081e^{-05}$, Kruskal Wallis, $p - valor = 0.005248$, Tukey e de LSD, ao nível de 5%).

- Combinações PP/OUT

Os resultados expressos na Figura 4 mostram a representação gráfica das combinações PP/OUT.

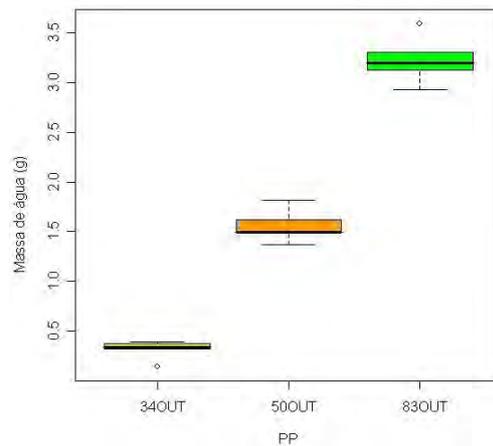


Fig. 4 – Capilaridade horizontal PP/OUT

Há evidência estatística de que os três níveis de OUT afectam significativamente a capilaridade horizontal, (ANOVA, $p - valor = 3.73e^{-11}$, Tukey e LSD).

- Comparação entre as combinações PES/OUT e PP/OUT

Comparando-se as combinações PES/OUT e PP/OUT pode concluir-se que:

- No nível de 34% as duas composições afectam diferentemente a capilaridade horizontal, mas sendo na combinação 34%PES/OUT que ocorre influência mais significativa, ($p - valor = 4.147e^{-08}$);
- Na combinação com 50%, a combinação PES/OUT influencia mais significativamente a capilaridade horizontal, mesmo observado que os dois níveis afectam directamente a capilaridade, ($p - valor = 1.935e^{-05}$);
- A combinação 83%PES/OUT influencia mais a capilaridade horizontal do que a combinação 83%PPOUT, ($p - valor = 0.002089$).

Dessa forma, conclui-se que os melhores resultados são obtidos com as misturas PES/OUT.

- Combinações PES/DR

A Figura 5 representa a capilaridade horizontal nas combinações com PES e DR.

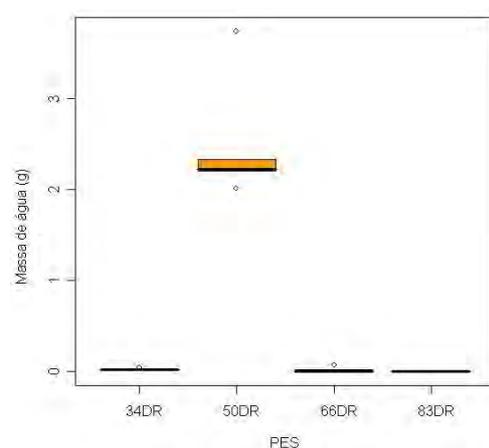


Fig. 5 – Capilaridade horizontal PES/DR

A análise estatística evidencia que todos os níveis de DR afectam a capilaridade horizontal. Verifica-se, porém, que a combinação com 50%DR é a que afecta mais significativamente esta propriedade e que os níveis de 34% e 66% têm a mesma influência sobre esta propriedade (Kruskal Wallis, $p - valor = 4.707e^{-09}$; Tukey e LSD).

- Combinações PP/DR

A Figura 6 apresenta os resultados obtidos das combinações PP/DR.

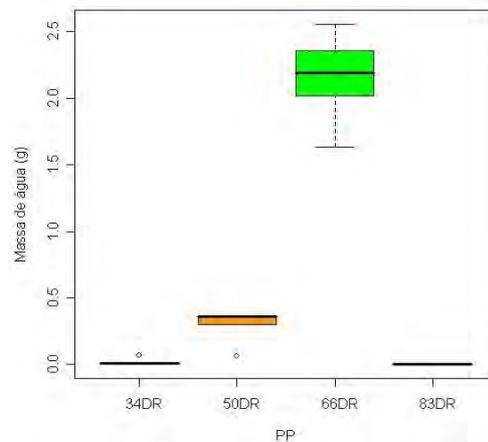


Fig. 6 – Capilaridade horizontal PP/DR

A análise estatística demonstra que a percentagem 66%DR é o que afecta mais significativamente a capilaridade horizontal, seguido da percentagem com 50%DR. Os níveis 34% e 83% têm a mesma influência e de menor intensidade (ANOVA, $p - valor = 6.302e^{-12}$; Tukey e LSD)

- Comparação entre as combinações PES/DR e PP/DR

Os resultados evidenciam que:

- Ao nível de 34%, as misturas com PES e PP apresentam o mesmo grau de influência sobre a capilaridade horizontal ($p - valor = 0.5901$);
- Para 50% de OUT, as misturas com PES são as que têm maior influência sobre a capilaridade ($p - valor = 0.001789$)

- Nas combinações com 66% de OUT, o melhor comportamento ocorre nas misturas com PP (0.0001624);
- Com 83% de OUT, o melhor resultado é verificado na combinação com PES ($p - valor = 0.577$).

Desta forma, pode concluir-se que os melhores resultados se encontram nas misturas com PES, nos níveis de 50% e 83% de OUT.

- Combinações PES/AQT

Através do *boxplot* a seguir é possível visualizar os resultados referentes às combinações PES/AQT (Figura 7).

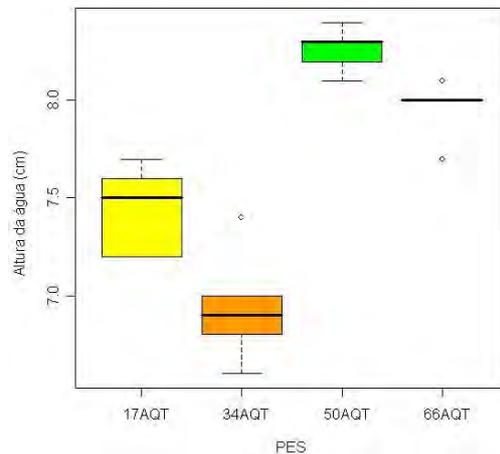


Fig. 7 – Capilaridade vertical PES/AQT

A representação gráfica mostra um comportamento distinto para a capilaridade vertical em função dos diferentes níveis de AQT, tendo o nível de 50% os maiores valores e o nível de 34%, os menores valores.

É clara a evidência de que todos os níveis afectam os resultados desta propriedade ($p - valor = 1.575e^{-07}$). Entretanto, os níveis 50% e 66% de AQT afectam com maior intensidade embora não diferem entre si, isto é, a adição de AQT influencia até à proporção de 50%, e, acima desse nível, a capilaridade vertical, no sentido das colunas, não sofre influência significativa (Testes de Tukey e LSD, para o nível de significância de 5%).

- Combinações PP/AQT

A Figura 8 ilustra o comportamento das misturas com PP e AQT relativamente à capilaridade vertical.

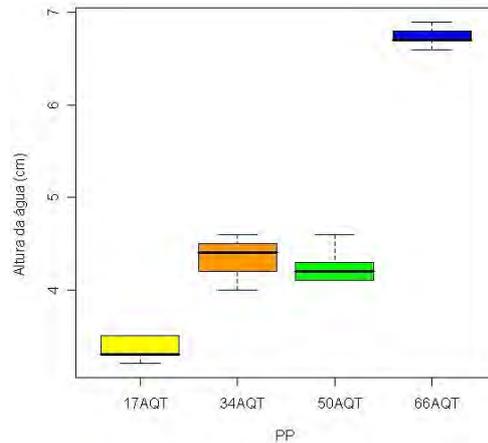


Fig. 8 – Capilaridade vertical PP/AQT

Estatisticamente, todos os níveis afectam a capilaridade vertical ($p - valor = 11.859e^{-14}$). Verifica-se, entretanto, que os níveis 34% e 50% não diferem significativamente. Isso implica afirmar que ao se adicionar 17%, 34% e 66% ou 17%, 50% e 66%, será obtida a mesma significância na capilaridade e assim confirmada a tendência de maior capilaridade à medida que se adiciona AQT às misturas (Testes de Tukey e LSD).

- Comparação entre as combinações PES/AQT e PP/AQT

De acordo com as evidências estatísticas obtidas, pode-se inferir que:

- Para a combinação com 17% de AQT, a combinação com PES tem maior influência significativa sobre a capilaridade vertical do que a combinação 17%AQT/PP ($p - valor = 5.787e^{-10}$);
- Ao nível de 34% de AQT com PES a influência sobre a capilaridade vertical é mais significativa do que com PP ($p - valor = 3.45e^{-07}$);

- Nas misturas com 50% de AQT, as malhas produzidas com PES apresentam grau de capilaridade em nível mais significativo ($p - valor = 2.636e^{-10}$);
- Quando a mistura contém 66% de AQT, os níveis mais significativos de capilaridade são obtidos com PES ($p - valor = 5.349e^{-07}$).

Como discutido, todas as misturas com PES e AQT apresentam maior grau de significância em relação às misturas produzidas com PP para a variável capilaridade vertical.

- Combinações PES/OUT

A Figura 9 mostra o comportamento das combinações com PES e OUT.

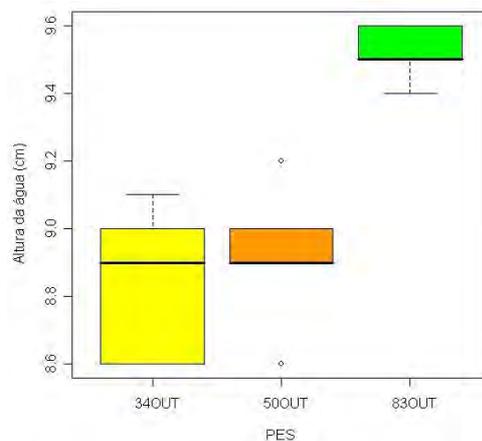


Fig. 9 – Capilaridade vertical PES/OUT

Todas as percentagens de OUT afectam significativamente a capilaridade vertical (ANOVA, $p - valor = 0.0001752$).

Entretanto, o nível de 83% de OUT é o que demonstra maior nível de significância no comportamento de capilaridade vertical, enquanto os níveis de 34% e 50% não apresentam diferença significativa, ou seja, estes dois níveis influenciam da mesma forma a capilaridade vertical (Tukey e LSD).

- Combinações PP/OUT

Na Figura 10 mostra-se o comportamento das misturas com PP/OUT no movimento da capilaridade vertical.

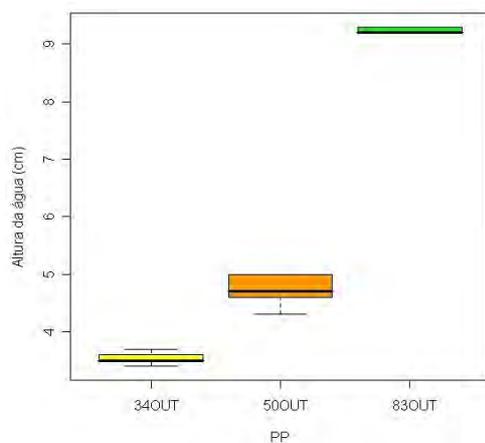


Fig. 10 – Capilaridade vertical PP/OUT

Em função do gráfico apresentado verifica-se que os diferentes níveis de OUT influenciam distintamente a capilaridade vertical. Observa-se que a percentagem 83%OUT apresenta os maiores valores e mais significativos e, a percentagem de 34%OUT, os menores valores ($p - valor = 8.65e^{-15}$).

- Comparação entre as combinações PES/OUT e PP/OUT

Da observação conjunta dos resultados obtidos, pode concluir-se que:

- O desempenho da combinação 34%PES/OUT é significativamente maior do que o da combinação 34%PP/OUT ($p - valor = 5.388e^{-11}$);
- No nível de 50%, a combinação PES/OUT apresenta resultado significativamente superior ao da combinação PP/OUT ($p - valor = 5.713e^{-09}$);
- Para a combinação com 83%PES/OUT há forte evidência de melhor desempenho do que na mistura 83%PPOUT ($p - valor = 0.0004455$).

Pode-se, então, inferir que todas as combinações PES/OUT apresentam resultados mais significativos de capilaridade vertical do que as misturas PP/OUT.

- Combinações PES/DR

A Figura 11 representa o comportamento das combinações PES/DR relativamente à capilaridade vertical.

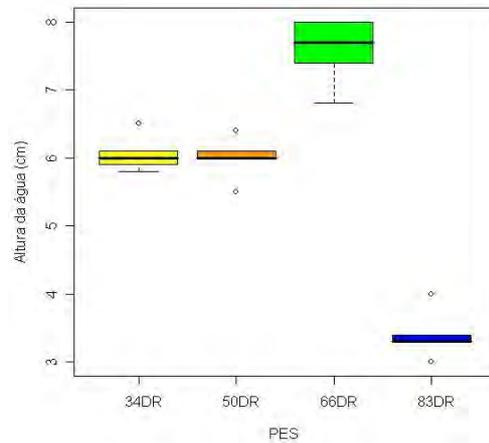


Fig. 11 – Capilaridade vertical PES/DR

A Figura 11 evidencia um comportamento distinto para a capilaridade em função dos diferentes níveis de DR. Todos os níveis afectam a capilaridade vertical, sendo que a percentagem 66%DR apresenta os maiores valores e a percentagem 83%DR, os menores, ($p - valor = 8.714e^{-11}$). Assim, pode afirmar-se que é interessante acrescentar DR apenas até ao nível de 66% nas misturas com PES para se atingir um bom nível de capilaridade vertical.

Verifica-se ainda que os níveis 34% e 50%PES/DR não diferem estatisticamente (Tukey e LSD), ou seja, ambas têm a mesma influência na capilaridade.

- Combinações PP/DR

A Figura 12 representa graficamente o comportamento das combinações PP/DR quanto à capilaridade vertical, no sentido das colunas.

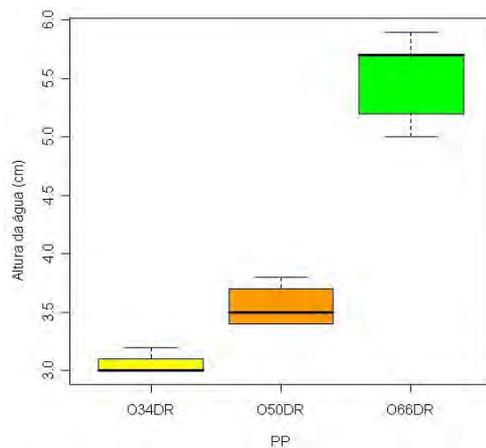


Fig. 12 – Capilaridade vertical PP/DR

A representação gráfica evidencia que a percentagem 66%DR proporciona a capilaridade vertical no nível mais significativo do que as demais combinações. Há evidência estatística de que os três níveis avaliados afectam a capilaridade vertical dessas combinações, confirmando-se a tendência de maior capilaridade à medida que se adiciona DR nas misturas ($p - valor = 6.205e^{-09}$, Tukey e LSD).

- Comparação entre as combinações PES/DR e PP/DR

Em função dos dados apresentados, é possível inferir que:

- No nível de 34%DR, a combinação com PES influencia significativamente mais a capilaridade do que a combinação 34%PP/DR ($p - valor = 1.117e^{-08}$);
- Com a combinação 50%PES/DR a capilaridade vertical é mais influenciada significativamente do que na combinação 50%PP/DR ($p - valor = 4.537e^{-07}$);
- Na combinação 66%PES/DR a capilaridade é significativamente mais influenciada do que na combinação 66%PP/DR ($p - valor 7.755e^{-05}$);
- Como já referido anteriormente, não há comparações entre as combinações 83%PES/DR e 83%PPDR, uma vez que os valores de PP/DR são considerados nulos.

Assim, verifica-se que o desempenho da capilaridade vertical no sentido das colunas é significativamente melhor nas combinações com PES e DR do que as combinações com PP e DR.

- Combinação PES/AQT

Na Figura 13 pode observar-se o comportamento das combinações PES/AQT quanto à perda de humidade, a 20°C.

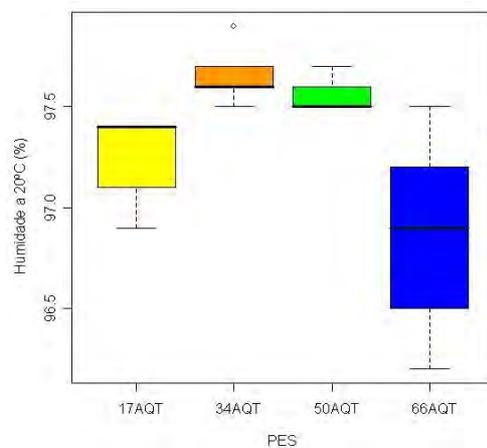


Fig. 13 – Perda de humidade a 20°C

A visualização da representação gráfica indica que ao nível de 34% de AQT os valores são maiores e, ao nível de 66%, os valores são menores, o que significa melhor desempenho (Figura 13).

Observa-se que todos os níveis afectam significativamente a perda de humidade, sendo que o par 17% e 66% e o par 34% e 50% de AQT influenciam igualmente ($p - valor = 0.002664$, Tukey e LSD).

- Combinação PP/AQT

A Figura 14 representa graficamente a perda de humidade das combinações PP/AQT.

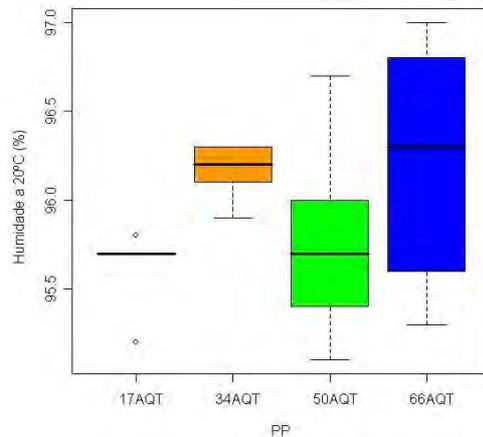


Fig. 14 – Perda de humidade PP/AQT

As combinações 17% e 50% de PP/AQT são as que proporcionam o melhor desempenho dado que apresentam os menores valores (Figura 14). Entretanto, estatisticamente, os valores médios são considerados iguais e, não havendo diferença, significa que a perda de humidade não depende das proporções da fibra na mistura (Kruskal Wallis, $p - valor = 0.1828$).

- Comparação entre as combinações PES/AQT e PP/AQT

Da observação conjunta dos dados apresentados, verifica-se que:

- De entre todas as combinações, apenas a combinação 34%PP/AQT é considerada estatisticamente superior a influência da fibra no comportamento de perda de humidade;
- Em todos os níveis de composição, as misturas com PP apresentam maior perda de humidade, mas com baixos níveis de significância¹.

- Combinações PES/OUT

A Figura 15 ilustra a perda de humidade nas combinações PES/OUT.

¹ Para 17%AQT, $p - valor = 4.378e^{-06}$; para 34%AQT, $p - valor = 4.161e^{-07}$; para 50%AQT, $p - valor = 0.002629$ e para 66%AQT, $p - valor = 0.1414$.

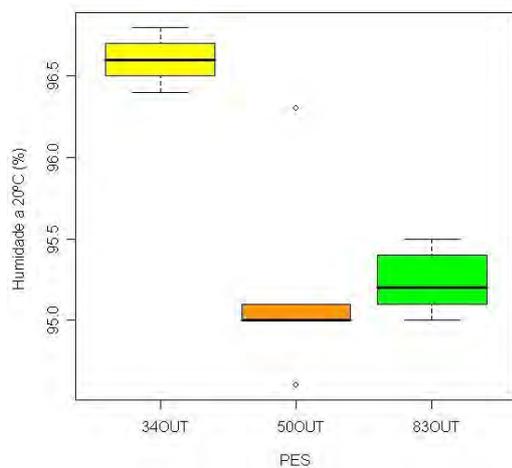


Fig. 15 – Perda de humidade PES/OUT

Através da análise estatística, pode observar-se que os níveis de 50% e 83% de OUT influenciam da mesma forma a perda de humidade, podendo afirmar-se que aos maiores níveis de OUT ocorre maior perda de humidade a 20°C ($p - valor = 0.00686$).

- Combinações PP/OUT

Na Figura 16 observa-se o comportamento das combinações PP/OUT relativamente à perda de humidade.

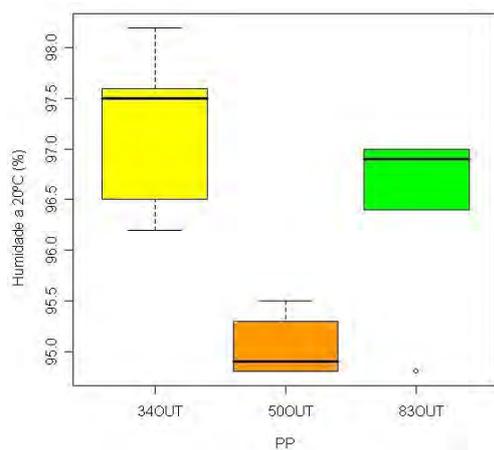


Fig. 16 – Perda de humidade PP/OUT

Assim, pode verificar-se que:

- Os três níveis afectam a perda de humidade;
- O nível 50%OUT proporciona os menores valores de humidade (p – valor 0.002283);
- Os percentuais 35% e 83% não apresentam diferença significativa relativa à perda de humidade, o que significa que aos dois níveis, a influência sobre a libertação da humidade é similar (Tukey e LSD).

- Comparação entre as combinações PES/OUT e PP/OUT

Comparando os dados relativos à libertação da humidade nas composições PES/OUT e PP/OUT, verifica-se que:

- Aos níveis de 34% e 50%OUT, tanto na combinação com PES como na combinação com PP, a influência sobre a perda de humidade não apresenta diferenças estatisticamente significativas (p – valor = 0.1817 e p – valor = 0.6751, respectivamente);
- Na combinação 83%PP/OUT há evidência estatística de que seu desempenho é melhor do que na combinação com PES, (p – valor = 0.04674).

Pode então concluir-se que a percentagem de 50% de OUT fornece o melhor nível de perda de humidade nas duas combinações e a percentagem de 34%OUT o pior.

- Combinações PES/DR

A perda de humidade a 20°C nas combinações PES/DR é representada na Figura 17:

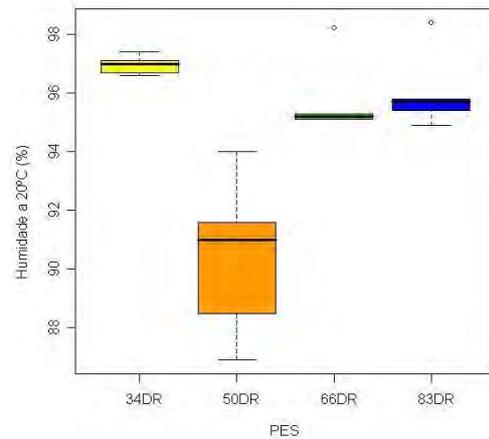


Fig. 17 – Perda de humidade PES/DR

A análise da representação gráfica demonstra que a malha contendo 50% de DR apresenta o menor nível de humidade, o que significa o melhor resultado. Verifica-se, também, que todas as composições afectam o desempenho de perda de humidade ($p - valor = 5.552e^{-05}$).

Observa-se que os níveis de 34%, 66% e 83% de DR não provocam influência significativamente diferente sobre a libertação da humidade (Tukey e LSD).

- Combinações PP/DR

A Figura 18 mostra os resultados obtidos das combinações PP/DR:

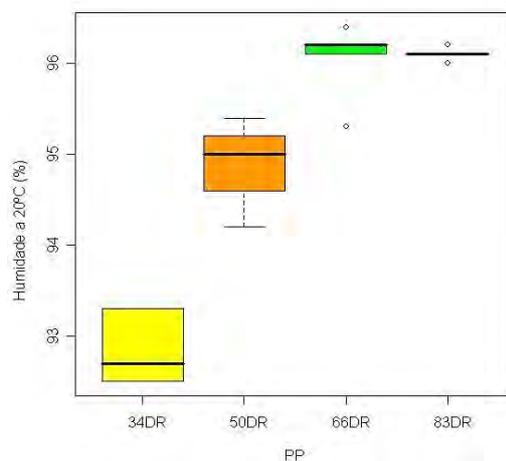


Fig. 18 – Perda de humidade PP/DR

A Figura 18 evidencia que a perda de humidade ocorre em função da variação de DR. Assim, a combinação 34%DR apresenta os menores valores médios e a combinação 83%DR, os maiores valores.

As quatro combinações apresentam evidência estatística de que afectam a perda de humidade (Kruskal Wallis, $p - valor = 0.001136$). Verifica-se, ainda, que os níveis de 50%DR e 83%DR afectam de igual forma o comportamento de perda de humidade (métodos Tukey e LSD).

Desta forma, pode afirmar-se que os menores níveis de DR nas composições, correspondem a melhores desempenhos.

- Comparação entre as combinações PES/DR e PP/DR

A análise comparativa dos resultados denota claramente que:

- Há forte evidência estatística de que na combinação 34%PP/DR há maior perda de humidade do que na combinação 34%PES/DR ($p - valor = 0.02124$);
- Ao nível de 50%DR, o melhor desempenho ocorre na combinação com PES ($p - valor = 0.02124$)
- Os níveis 66% e 83% de DR não apresentam influência significativa na perda de humidade, quer seja com PES, quer seja com PP ($p - valor = 0.6932$ e 0.9265 , respectivamente).

Mediante o exposto, apenas nos menores níveis de DR (34% e 50%) nas combinações (PES e PP), se verifica comportamentos significativos relativamente à perda de humidade.

Propriedade térmica

Condutividade térmica

- Combinação PES/OUT

A Figura 19 apresenta os resultados obtidos para as combinações PES/OUT.

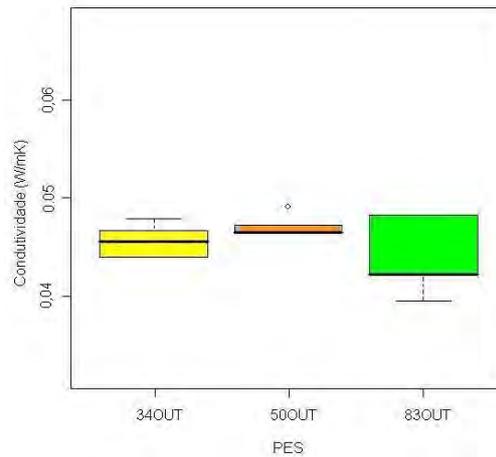


Fig. 19 – Condutividade térmica PES/OUT

Todas as combinações afectam significativamente a condutividade térmica, sendo que a combinação com 83%OUT apresenta maior nível de significância, o que implica que nesta percentagem ocorre maior isolamento térmico ($p - value = 0.138$).

- Combinação PP/OUT

A Figura 20 mostra os resultados relativamente à condutividade térmica para as combinações PP/OUT.

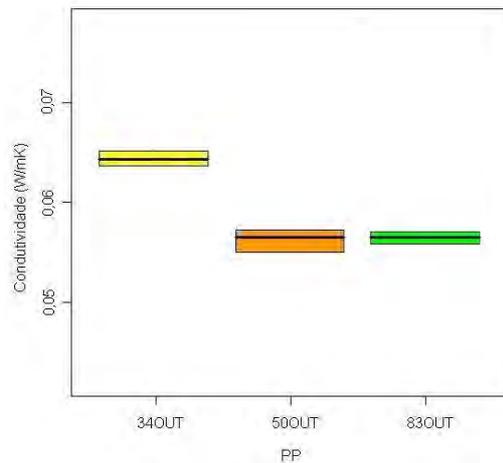


Fig. 20 – Condutividade térmica PP/OUT

O gráfico mostra evidência significativa de que a condutividade térmica é afectada pelos três níveis, sendo que os níveis de 50% e 83%OUT apresentam evidência significativa semelhante o que representa que os referidos níveis têm a mesma influência sobre a condutividade térmica ($p - value = 0.813$).

Propriedades físicas

Cair

Analisou-se estatisticamente o comportamento do cair nas combinações de PES e PP com a fibra PBT. Os resultados obtidos estão representados nas Figuras 21 e 22 respectivamente.

- Combinações PES/PBT

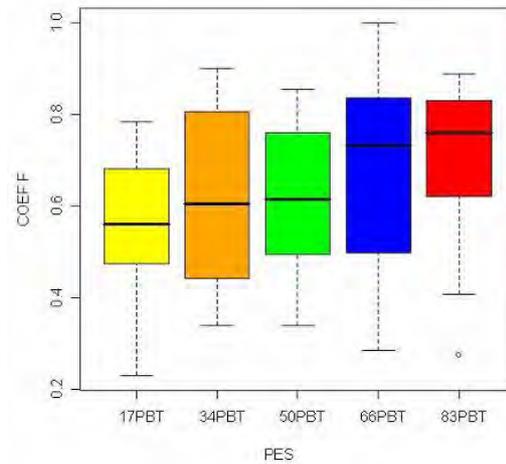


Fig. 21 – Coeficiente do cair PES/PBT

A análise estatística indica que não há evidência significativa da adição de PBT sobre o cair das malhas (ANOVA, $p - valor = 0.2145$, Kruskal Wallis, $p - valor = 0.144$), embora à primeira vista pareça que essa influência exista.

- Combinações PP/PBT

A Figura 22 representa o coeficiente cair das combinações PP/PBT.

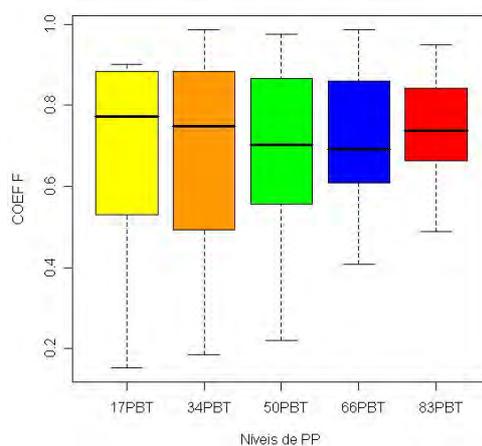


Fig. 22 – Coeficiente do cair PP/PBT

A análise dos dados representados graficamente (Figura 22) indica que não há evidência estatística entre os valores médios do coeficiente F o que significa que o PBT não altera significativamente o coeficiente (ANOVA, $p - valor = 0.866$; Kruskal Wallis, $p - valor = 0.987$).

Dados referentes ao Capítulo 6

Capilaridade horizontal

- Combinações com PES

A Figura 1 mostra o resultado estatístico da capilaridade horizontal.

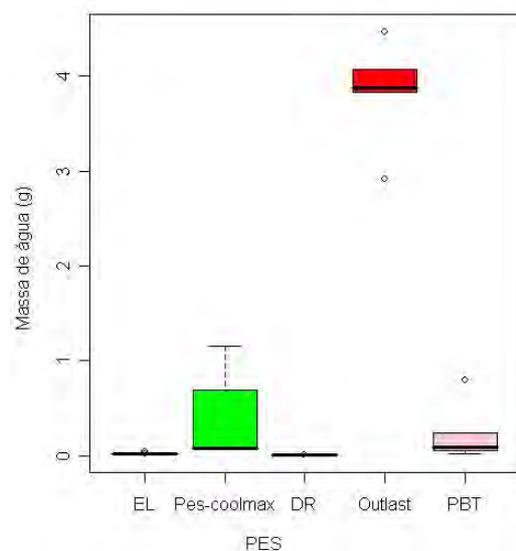


Fig. 1 – Capilaridade horizontal - combinações com PES

O gráfico evidencia que a malha com Outlast apresenta o maior nível de significância, embora a composição de todas as malhas ensaiadas apresente significativa influência sobre a capilaridade, sendo que o par EL e DR e o par Pes-coolmax-PBT influenciam igualmente. ($p - valor = 0.0001314$, Tukey).

- Combinações com PP

A Figura 2 ilustra o resultado obtido das malhas com PP.

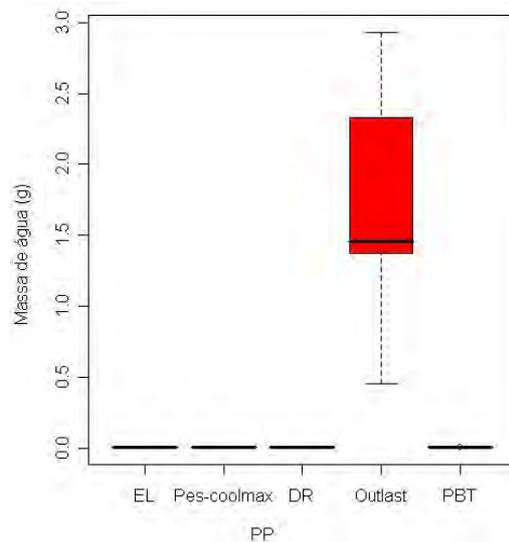


Fig. 2 – Capilaridade horizontal - combinações com PP

O desempenho das malhas com Outlast é visivelmente superior ao comportamento das demais malhas, verificando-se que essa diferença é mais acentuada nas combinações com PP.

Portanto, considerando o elevado nível de capilaridade da malha com Outlast, analisou-se estatisticamente, em separado, o comportamento das demais malhas funcionais. O resultado pode ser observado na Figura 3.

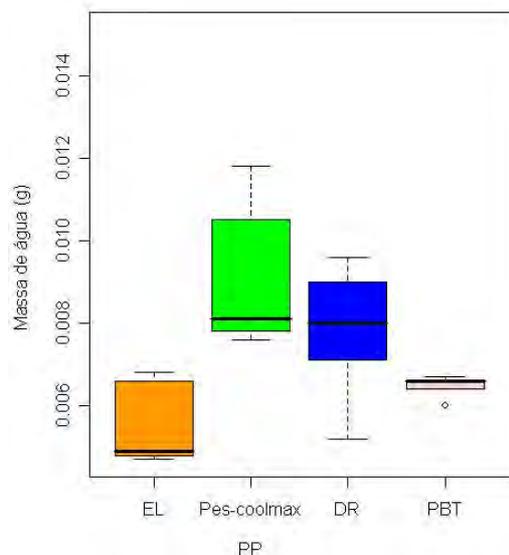


Fig. 3 – Capilaridade horizontal - combinações com PP vs Outlast

A Figura 3 proporciona uma visualização mais detalhada, na qual se verifica que:

- As malhas com EL, DR e PBT têm a mesma influência na capilaridade horizontal, com influência significativamente inferior às malhas com Pes-coolmax e Outlast;
- O nível de influência da malha com Pes-coolmax difere significativamente apenas da malha com EL;
- A influência da malha com Outlast é semelhante à da malha com Pes-coolmax e significativamente superior às demais (Kruskall Wallis, p -valor = 0.001426, Tukey)..

- Comparação entre as combinações com PES e PP

A partir da análise realizada, pode afirmar-se que, em todas as combinações os melhores resultados são encontrados nas malhas produzidas com PES²

² Para os seguintes resultados: p -valor = 0.007937 (combinações com EL e Pes-coolmax); p -valor = 0.2222 (DR); p -valor = 3.83266 (Outlast); p -valor = 0.008816 (PBT).

Capilaridade vertical

- Combinações com PES

A Figura 4 ilustra os resultados obtidos nas malhas produzidas com PES.

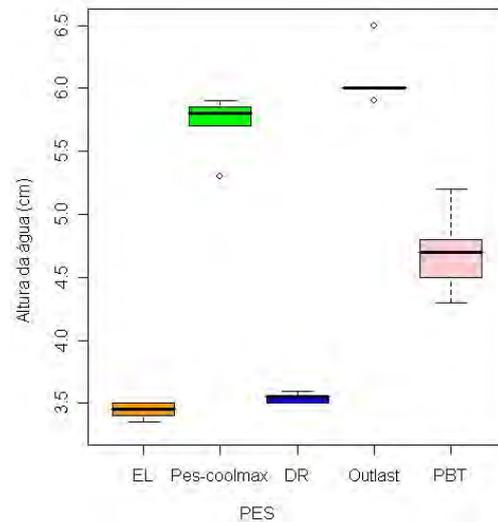


Fig. 4 – Capilaridade vertical - combinações com PES

A Figura 4 mostra que há evidência estatística entre o desempenho das diferentes malhas relativamente à capilaridade vertical ($p - \text{valor} < 2.2e^{-06}$).

As malhas com Pes-coolmax e Outlast apresentam uma influência significativamente superior às das outras combinações, relativamente à capilaridade vertical.

Relativamente às demais combinações, destaca-se a influência do PBT; os resultados das combinações com EL e DR são similares, significando que ambos têm o mesmo nível de influência sobre esta propriedade (Métodos Tukey e LSD).

- Combinações com PP

A Figura 5 ilustra a análise estatística das combinações com PP.

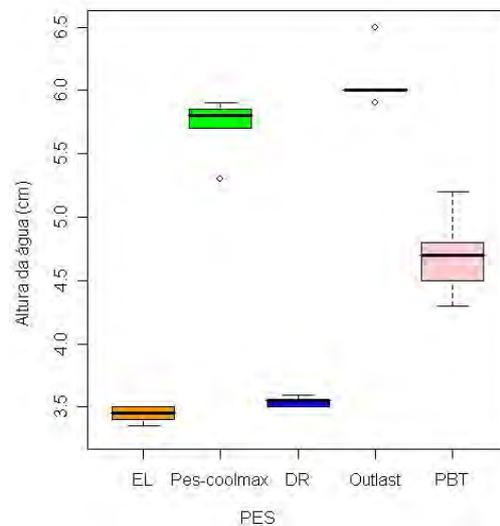


Fig. 5 – Capilaridade vertical - combinações com PP

A Figura 5 mostra a evidência estatística da influência significativa do Outlast na capilaridade vertical ($p - valor = 4.164e^{-11}$)

Dentre as demais malhas, destacam-se o Pes-coolmax e o PBT que, estatisticamente, apresentam a mesma influência na capilaridade. A influência das malhas com EL e DR é considerada insignificante.

- Comparação entre as combinações com PES e PP

Comparando-se as combinações com PES e PP pode concluir-se que há evidência estatística de que todas as combinações com PES apresentam influência mais significativa³ do que as combinações com PP, sobre a capilaridade vertical das malhas.

Perda de humidade a 20°C

- Combinações com PES

A Figura 6 ilustra os resultados obtidos relativamente à perda de humidade.

³ Através do t.test, obtiveram-se os seguintes resultados: $p - valor = 0.001749$ (EL), $p - valor = 0.0004285$ (Pes-coolmax), $p - valor = 0.007815$ (DR e Outlast), $p - valor = 0.001044$ (PBT).

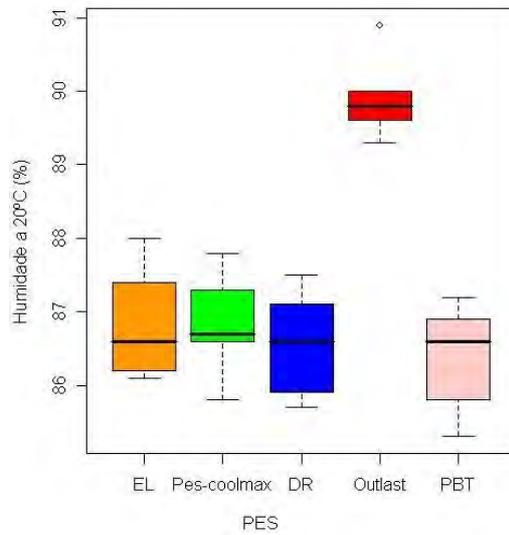


Fig. 6 – Perda de humidade - combinações com PES

Há evidência estatística de que, à excepção do Outlast, todas as malhas têm influência significativa na perda de humidade (Tukey). Dessa forma, conclui-se que a malha com Outlast demora um pouco mais a libertar a humidade que as demais.

- Combinações com PP

A Figura 7 representa a perda de humidade nas combinações com PP.

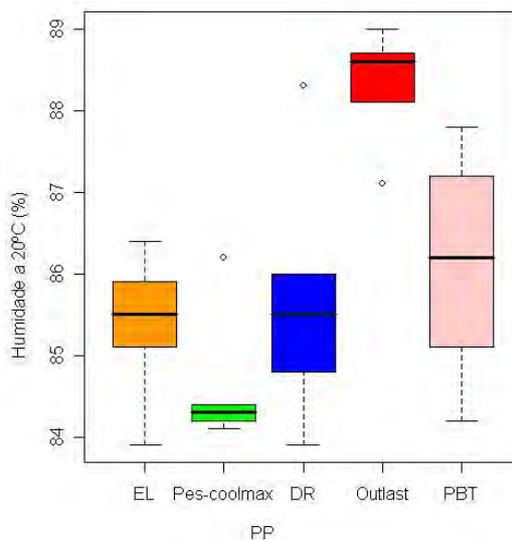


Fig. 7 – Perda de humidade - combinações com PP

A análise estatística demonstra que a malha com Pes-coolmax influencia a perda de humidade com maior significância que as demais.. As outras combinações influenciam igualmente a perda de humidade (Tukey).

- Comparação entre as combinações com PES e PP

De entre todas as combinações analisadas, as malhas que foram produzidas com PP apresentam influência mais significativa na perda de humidade do que as malhas produzidas com PES.

6.4.2.1 Cair

- Combinações com PES

A Figura 8 apresenta a análise do comportamento do cair das malhas produzidas com PES

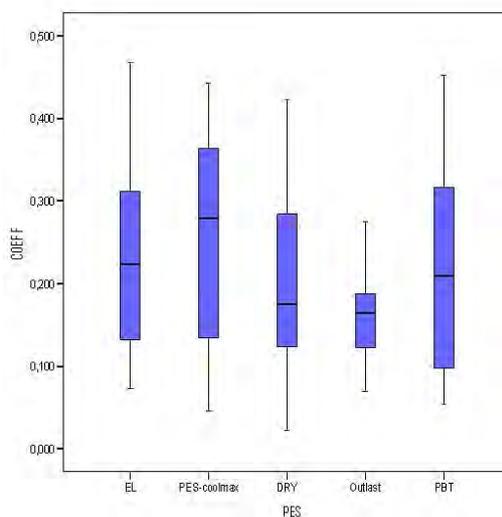


Fig. 8 – Cair - combinações com PES

Neste conjunto de combinações – Figura 8, verificou-se que não há evidência estatística de um comportamento distinto para a variável cair em função das diferentes combinações com PES (Kruskal Wallis, $p - valor = 0.20$).

- Combinações com PP

Na Figura 9 é mostrada a análise estatística das malhas com PP.

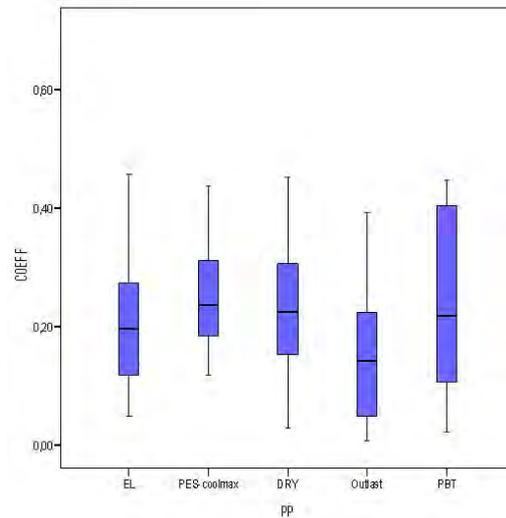


Fig. 9 – Cair - combinações com PP

Não há evidência estatística de influências diferenciadas no cair das malhas, assim, pode afirmar-se que, independentemente da combinação, o cair é semelhante.

- Comparação entre as combinações com PES e PP

Os resultados evidenciam que:

- Nas malhas com as fibras EL, Pes-coolmax e Outlast o cair é mais significativo quando combinadas com PP;
- As malhas com DR e PBT influenciam mais significativamente mais o cair quando produzidas com PES.

ANEXO XI

ABSORÇÃO DA GOTA DE ÁGUA – COMBINAÇÕES COM PES

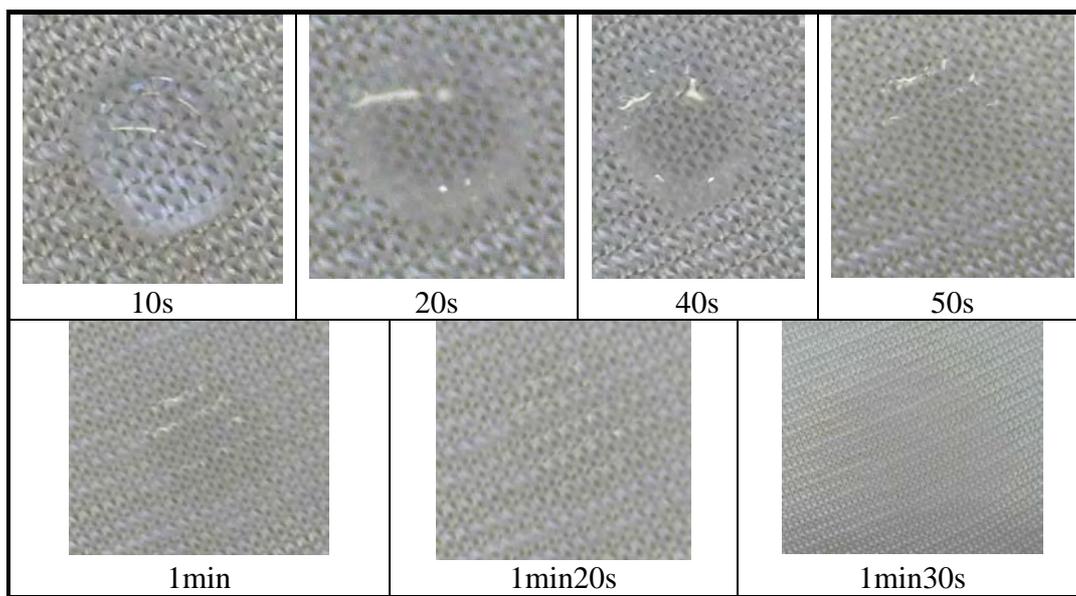


Fig. 1a – Pes-coolmax - face exterior

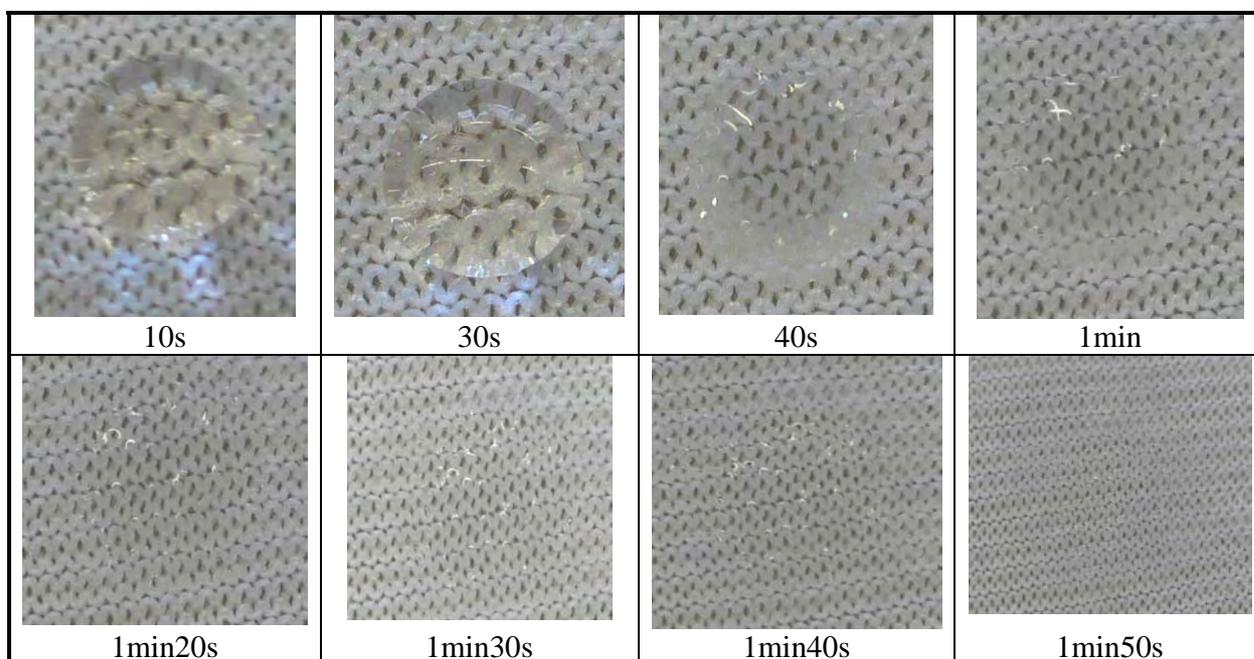


Fig. 1b – Pes-coolmax - face interior

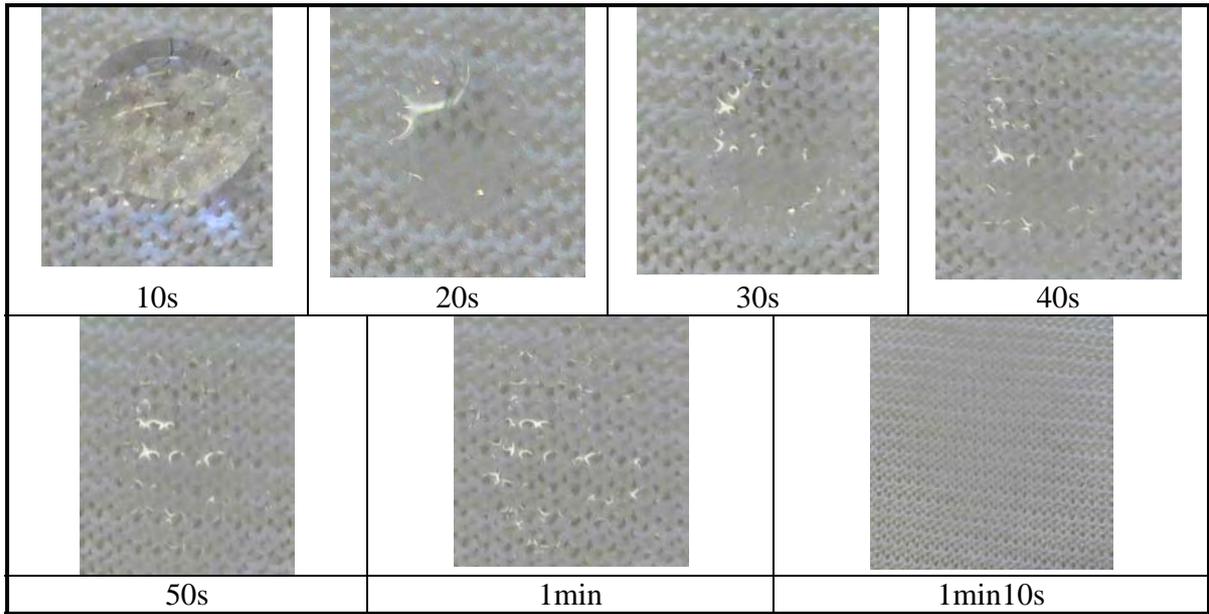


Fig. 2a – Outlast - face exterior

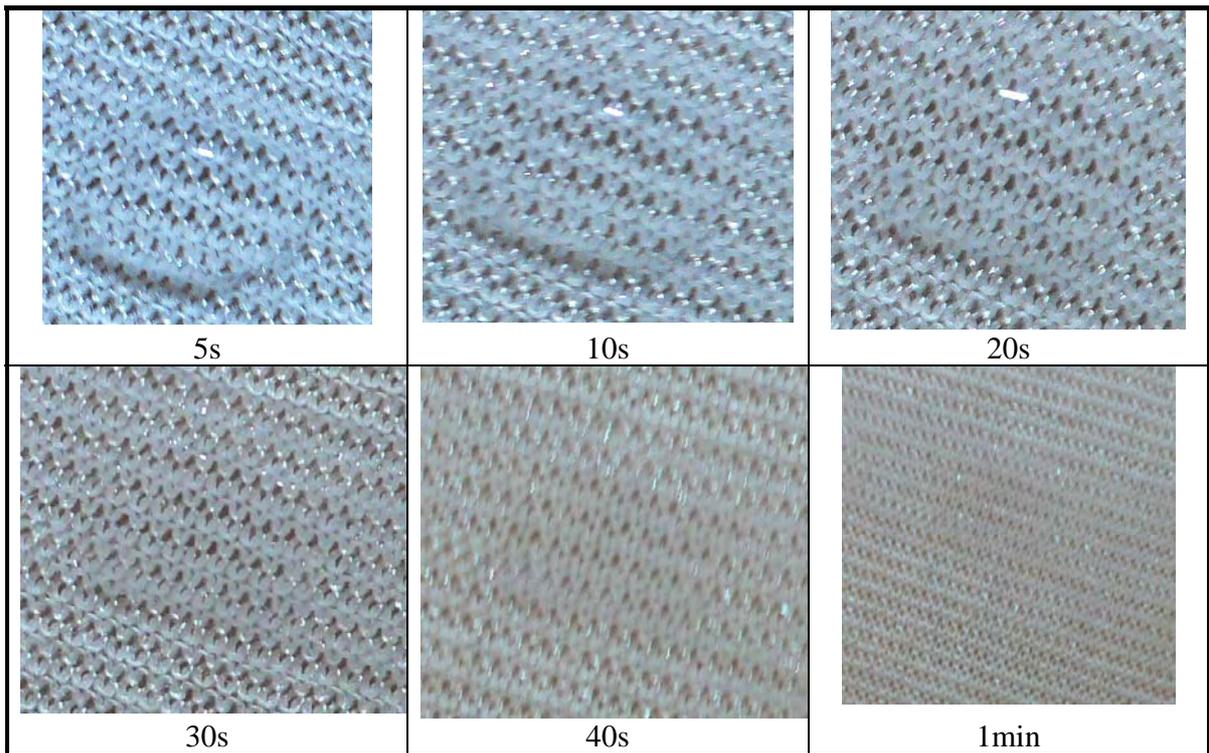


Fig. 2b – Outlast - face interior

ABSORÇÃO DA GOTA DE ÁGUA – COMBINAÇÕES COM PP

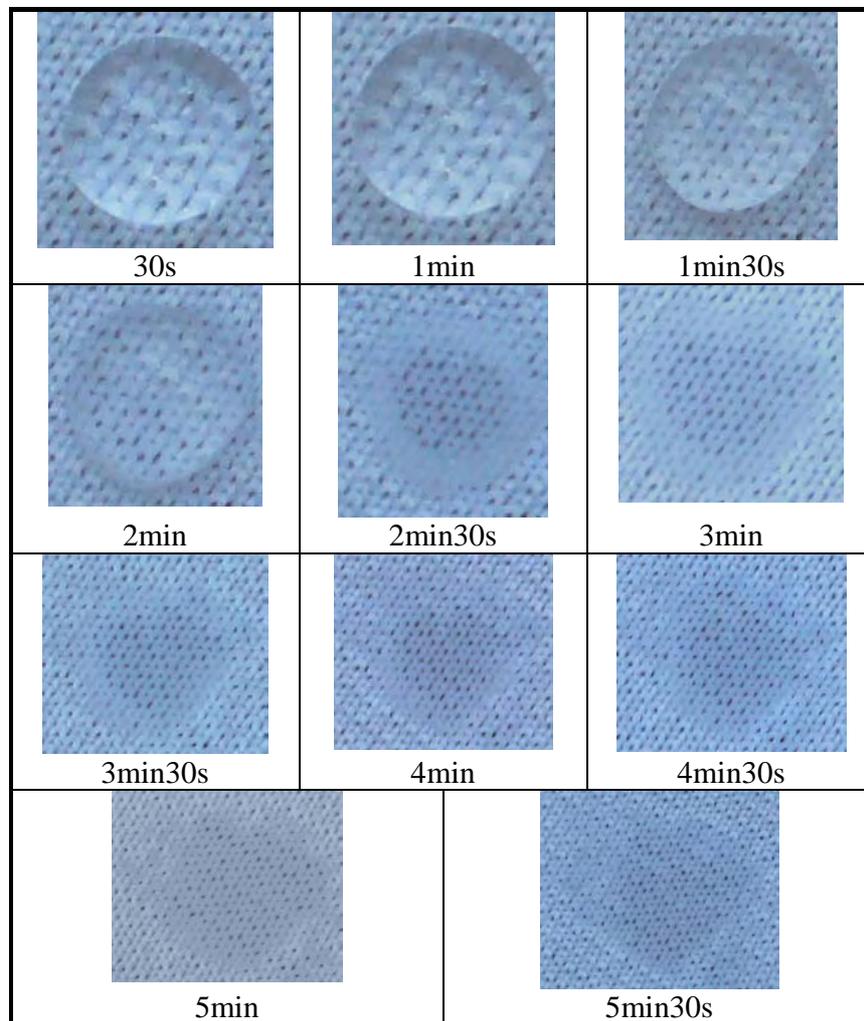


Fig. 3a – Pes-coolmax – face exterior



**Fig. 3b – Pes-coolmax –
face interior aos 15min**

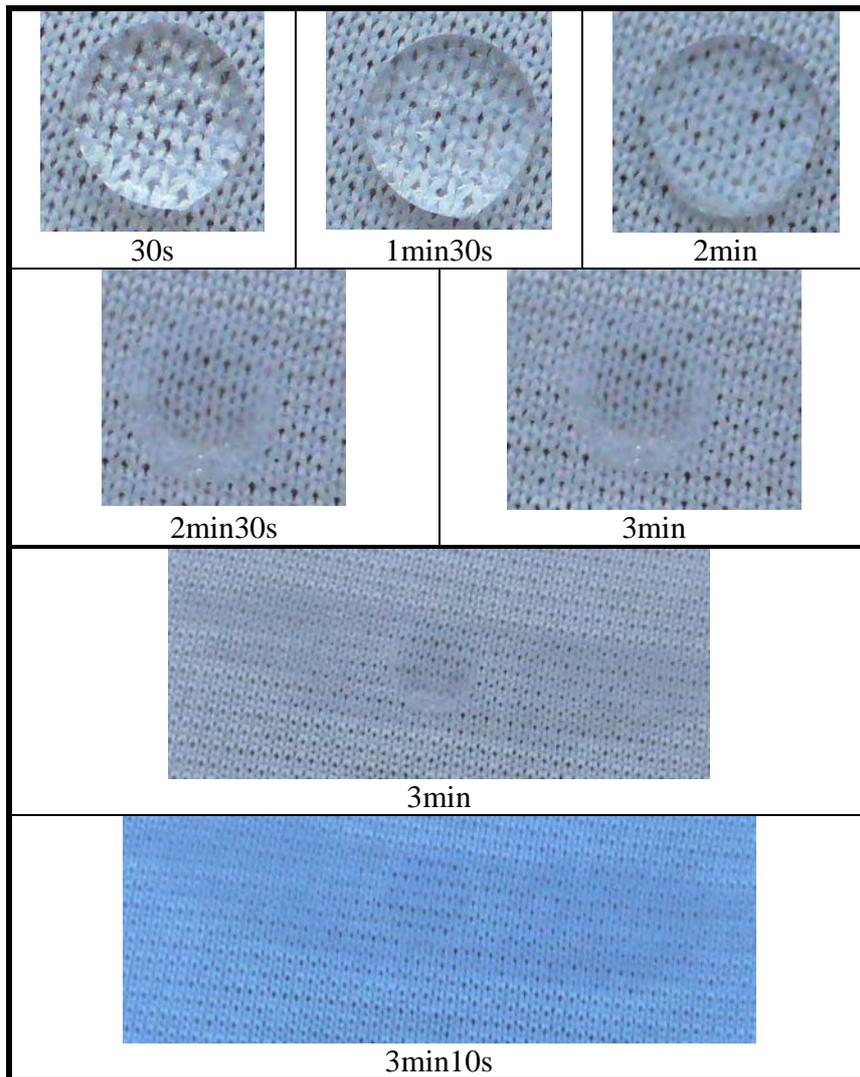


Fig. 4a – Outlast – face exterior

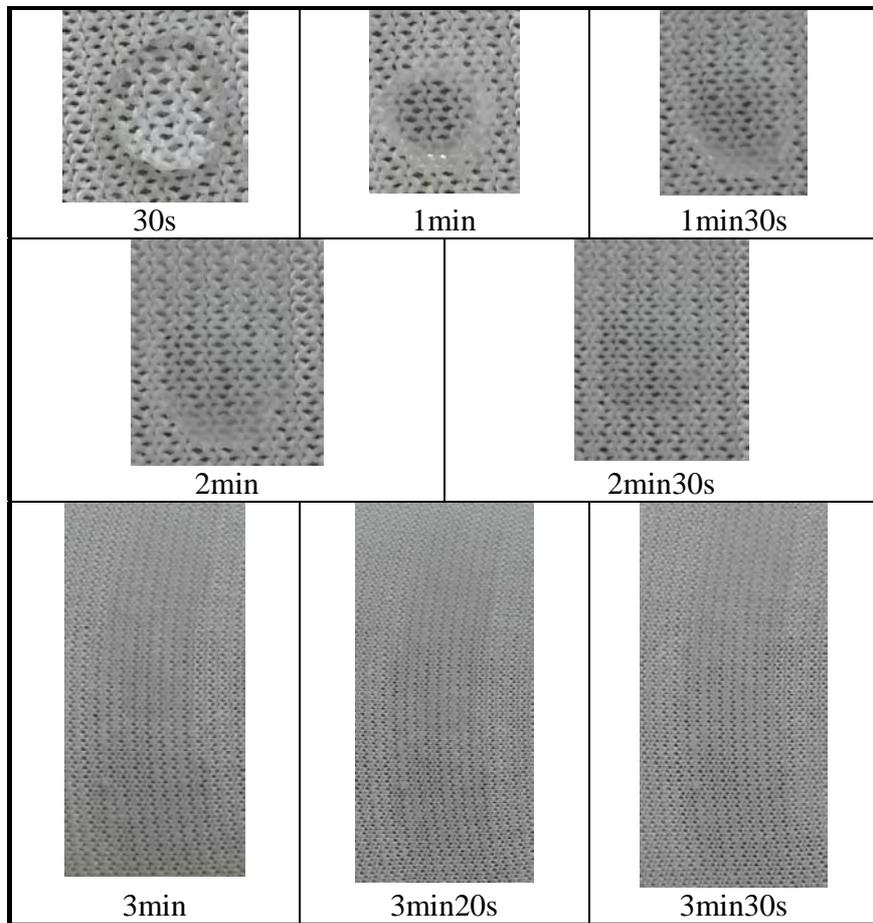


Fig. 4b – Outlast – face interior