

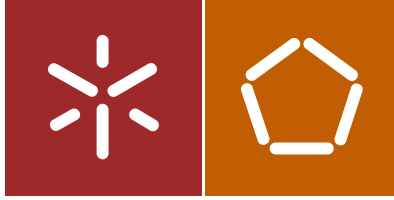


Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

Ana Isabel da Silva Azevedo

Biometrias para autenticação e deteção de  
variações de *stress*: caso de estudo com  
população infantil





Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

Ana Isabel da Silva Azevedo

Biometrias para autenticação e deteção de  
variações de *stress*: caso de estudo com  
população infantil

Dissertação de Mestrado  
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao  
Grau de Mestre em Engenharia de Telecomunicações e Informática

Trabalho efetuado sob a orientação de  
Professor Doutor Nuno Vasco Lopes  
Professor Doutor Henrique Santos

## DECLARAÇÃO

Nome: Ana Isabel Da Silva Azevedo

Endereço electrónico: isa.anazevedo@gmail.com Telefone: 933244428 / 252311058

Número do Bilhete de Identidade: 13987518

Título dissertação: Biometrias para autenticação e deteção de variações de *stress*

Orientadores:

Professor Doutor Nuno Vasco Lopes

Professor Doutor Henrique Santos

Ano de conclusão: 2016

Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao Grau de Mestre em Engenharia de Telecomunicações e Informática

Nos exemplares das teses de doutoramento ou de mestrado ou de outros trabalhos entregues para prestação de provas públicas nas universidades ou outros estabelecimentos de ensino, e dos quais é obrigatoriamente enviado um exemplar para depósito legal na Biblioteca Nacional e, pelo menos outro para a biblioteca da universidade respectiva, deve constar uma das seguintes declarações:

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.

Universidade do Minho, \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

# Agradecimentos

Esta dissertação marca o fim de um capítulo da minha vida. Ao longo desta jornada fui acompanhada por pessoas incríveis e que merecem um sincero agradecimento.

- Aos meus orientadores, Nuno Vasco Lopes e Henrique Santos, por toda a ajuda e aconselhamento que me foi prestado. São, sem dúvida, dois excelentes profissionais que se mostraram sempre disponíveis para me apoiar nas adversidades que foram surgindo durante o desenvolvimento do projeto;

- À professora Teresa Freire da Escola de Psicologia da Universidade do Minho e suas alunas de investigação, Patrícia Sousa e Ana Marques, por todo o apoio e colaboração durante o processo de recolha de dados;

- À Casa da Criança e à Associação da Creche de Braga, instituições que participaram no processo de recolha de dados, pela sua disponibilidade e principalmente pela hospitalidade e carinho com que fui recebida;

- Aos meus pais, por todo o apoio que me foi dado não só durante a dissertação, como ao longo de todo o percurso académico.

A todas as pessoas supramencionadas deixo um sentido muito obrigada.



# Abstract

Today's access to Wi-Fi and 4G-LTE wireless Internet is making part of society's life. This trend has enabled the emergence of more applications and increased the use of mobile devices. The evolution of ubiquitous information and communication networks is already evident, which leads to the raise of the need to create systems with better guarantees of safety, in particular, by building more robust authentication methods that can be applied continuously.

Recent advances in the development of wireless sensor networks have been allowing the improvement of sensors, turning them into smaller devices with lower power consumption and lower cost, increasing their use in several areas of research.

Biometric data collection using wireless sensor networks emerged as one of the most promising technologies for creating a non deplorable authentication able to offer better privacy conditions.

This dissertation presents a stress detection model based on real time collection and analysis of physiological signals monitored by non-invasive and non-intrusive sensors.

The assumption of a state of stress is made taking into account the validation of a certain number of biometric reactions to some specific situations. The biometric data collected will also be used to create a method capable of guaranteing user's authentication.

To validate this model, an experiment was set, demonstrating that it is possible to infer stressful situations by monitoring some specific physiological signals.

**Keywords:** biometrics , wireless sensor networks, authentication, *stress* detection





# Resumo

Atualmente o acesso à Internet sem fios através de *Wi-Fi* e *4G-LTE* faz parte do quotidiano da sociedade. Esta tendência possibilitou o aparecimento de mais aplicações e a crescente utilização de dispositivos móveis. A evolução das redes de informação e comunicação ubíquas já é uma realidade, aumentando assim a necessidade de criação de sistemas com melhores garantias de segurança, nomeadamente, através da construção de métodos de autenticação mais robustos que possam ser aplicados de forma contínua.

Os recentes avanços no desenvolvimento de redes de sensores sem fios têm vindo a permitir o aperfeiçoamento dos sensores, tornando-os cada vez mais pequenos, com menor consumo de energia e custo, potencializando a sua utilização nas mais diversas áreas de investigação.

A recolha de dados biométricos utilizando redes de sensores sem fios surge então como uma das tecnologias mais promissoras para a realização de uma autenticação não repudiável capaz de oferecer melhores condições de privacidade.

Esta dissertação apresenta um modelo de deteção de *stress* para crianças baseado na recolha e análise em tempo real de sinais fisiológicos monitorizados por sensores não invasivos e não intrusivos.

A certificação de um estado de *stress* é realizada tendo em conta a validação de um determinado número de reações biométricas a situações específicas. Os dados biométricos recolhidos serão utilizados para a criação de um método capaz de garantir a autenticação do utilizador.

Para validar este modelo, uma experiência foi realizada, demonstrando que é possível inferir que a criança se encontra numa situação de *stress* monitorizando alguns sinais fisiológicos específicos.

**Palavras-chave:** dados biométricos, redes de sensores sem fios, autenticação, deteção de *stress*



# Índice

Agradecimentos .....	iii
Abstract .....	v
Resumo .....	vii
Índice de Figuras .....	xiii
Índice de Tabelas .....	xv
1. Introdução .....	1
1.1. Motivação e enquadramento .....	1
1.2. Objetivos .....	2
1.3. Método de investigação .....	3
1.4. Estrutura da dissertação .....	3
2. Biometrias .....	5
2.1. Tipos de biometrias .....	7
2.1.1. Biometrias físicas .....	7
2.1.2. Biometrias comportamentais .....	12
2.2. Arquitetura de um sistema biométrico .....	18
2.2.1. Módulo de aquisição .....	19
2.2.2. Módulo de extração de dados .....	19
2.2.3. Módulo de classificação .....	19
2.2.4. Base de dados .....	22
2.2.5. Modos de operação .....	23
2.3. Relação entre o <i>stress</i> e biometrias comportamentais .....	25
3. Arquitetura do sistema .....	33
3.1. Sistema biométrico proposto .....	33
3.2. Recursos utilizados .....	34

3.2.1.	Sistema de aquisição de dados .....	35
3.2.2.	Sensor de acelerometria .....	36
3.2.3.	Sensor de condutividade da pele .....	37
3.2.4.	Sensor de fotopleletismografia.....	39
3.2.5.	Sensor de temperatura.....	40
3.3.	Processamento de dados.....	42
3.3.1.	Sistemas e sinais discretos .....	42
3.3.2.	Transformada de Fourier de sinais discretos .....	44
3.3.3.	Filtros ideais .....	45
3.3.4.	Filtros digitais .....	46
3.3.5.	Suavização do sinal .....	47
3.4.	Implementação .....	47
4.	Análise do processamento de dados.....	57
4.1.	Cenário de recolha de dados.....	57
4.1.1.	Descrição do procedimento.....	58
4.1.2.	Caracterização da população.....	61
4.2.	Classificação de dados.....	62
4.2.1.1.	Deteção de <i>stress</i> .....	63
4.2.1.2.	Autenticação .....	65
4.2.2.	Parâmetros de classificação .....	66
4.2.3.	Treino .....	68
4.2.4.	Teste .....	69
5.	Análise de resultados.....	71
5.1.	Deteção de <i>stress</i> .....	74
6.	Conclusão e Trabalho Futuro .....	81
	Referências .....	83

Anexo A.....	91
Anexo B.....	95
Anexo C .....	97



# Índice de Figuras

Figura 1 - Padrões de impressão digital: em arco, ciclo, espiral, respetivamente [11].....	8
Figura 2 - Medidas típicas da geometria da mão [13] .....	9
Figura 3 - Medições para reconhecimento de rosto recorrendo a diferentes expressões faciais [14].....	10
Figura 4 - Exemplo de uma imagem usada na análise da retina [17].....	11
Figura 5 - Fotografia da íris do olho humano [17].....	12
Figura 6 - Medições de uma assinatura dinâmica [19].....	13
Figura 7 - Exemplo de uma assinatura estática [19] .....	14
Figura 8 - Vetor de tempo de correspondente à pressão no teclado [21].....	15
Figura 9- Teste de Reconhecimento de Marcha [23] .....	16
Figura 10 - Reconhecimento de voz [25].....	17
Figura 11- Arquitetura de Um Sistema Biométrico .....	18
Figura 12 - Classificação SVM[31] .....	22
Figura 13 - Modos de operação de um sistema biométrico: registo, verificação e identificação .....	23
Figura 14 - Transmissão PPG [38].....	29
Figura 15 - Reflexão PPG [38] .....	30
Figura 16 - Dispositivo BioPlux.....	35
Figura 17 - Acelerómetro triaxial .....	36
Figura 18 - Sensor de condutividade da pele.....	37
Figura 19 - Sensor de Fotopletismografia .....	39
Figura 20 - Sensor de temperatura .....	40
Figura 21 - Protocolo de calibração do sensor de acelerometria .....	41
Figura 22 - Características dos três modelos de sensores de acelerometria triaxial.....	41
Figura 23- Modos de representação de um sinal discreto [50].....	42
Figura 24 - Propriedades de um sistema discreto [50].....	44
Figura 25 - Propriedades da DFT [49].....	45
Figura 26 - Filtro digital passa-banda [49].....	45

Figura 27 - Fluxograma ilustrativo do processamento dos dados do sensor de fotopleletismografia .....	48
Figura 28 - Algoritmo utilizado no processamento do sinal de temperatura .....	51
Figura 29 - Algoritmo para extração dos valores de acelerometria do utilizador .....	53
Figura 30 - Algoritmo para cálculo da condutividade dermoelétrica .....	55
Figura 31 - Alguns exemplos dos desenhos realizados .....	60
Figura 32 - Construção da template para análise de stress .....	63
Figura 33 - Construção da template para autenticação do utilizador .....	65
Figura 34 - Melhores parâmetros para o modelo classificação dos dados definido.....	68
Figura 35 - Modelo SVM utilizado .....	69
Figura 36 - Gráfico resultante do teste de um dos utilizadores .....	70
Figura 37 - Exemplo de uma curva ROC adaptado de [60].....	73
Figura 38 - Precisão do sistema para vários valores de threshold .....	75
Figura 39 - Precisão para diferentes valores de threshold .....	76
Figura 40 - Precisão para diferentes valores de threshold .....	78
Figura 41 - Precisão para diferentes valores de threshold .....	79



# Índice de Tabelas

Tabela 1 - Perspetivas sobre emoções [7] .....	6
Tabela 2 - Especificações do acelerómetro triaxial bioplux.....	36
Tabela 3 - Especificações do sensor de condutividade dermoelétrica da plux	38
Tabela 4 - Especificações do sensor de fotopletismografia .....	39
Tabela 5 - Tipos de Kernel implementados na package Kernlab [58] .....	67
Tabela 6 - Matriz de confusão .....	71
Tabela 7- Matriz de confusão para um threshold de 0,5 .....	74
Tabela 8 - Avaliação de resultados para um threshold de 0,5.....	75
Tabela 9 - Matriz de confusão para um threshold de 0,5 .....	76
Tabela 10 - Avaliação dos resultados para um threshold de 0,5.....	76
Tabela 11 - Matriz de confusão para um threshold de 0,5 .....	77
Tabela 12 - Avaliação dos resultados para um threshold de 0,5.....	77
Tabela 13 - Matriz de confusão para um threshold de 0,5 .....	78
Tabela 14 - Avaliação dos resultados para um threshold de 0,5.....	78
Tabela 15 - Matriz de confusão para um threshold de 0,5 .....	79
Tabela 16 - Avaliação dos resultados para um threshold de 0,5.....	79



# 1. Introdução

## 1.1. Motivação e enquadramento

A diminuição do custo de produção de sensores biométricos veio impulsionar a proliferação destes sistemas nos mais diversos setores. Reconhecida como uma área tecnológica importante, a utilização de biometrias tem vindo a ser adotada por uma grande variedade de aplicações e contextos tais como segurança, ambientes inteligentes, assim como para realização de um diagnóstico médico [1].

O *stress* é um problema de saúde pública que também afeta crianças e que pode ser indicado como sintoma de diversas doenças. Um estudo publicado no *The Journal of Immunology* revela que o *stress* pode contribuir para a existência de um desequilíbrio na resposta imunológica da criança [2].

A utilização de dados biométricos para autenticação oferece vantagens únicas. As biometrias permitem reconhecer o utilizador de forma fidedigna e não repudiável. A aplicação desta técnica tanto sozinha como em complemento a um outro método fornece níveis de segurança mais elevados.

Os sensores fisiológicos permitem fazer recolhas em intervalos de tempo bastante curtos, o que possibilita a implementação de um sistema de autenticação em tempo real [3].

Um sistema biométrico de autenticação contínua requer a concretização de uma fase de pré-recolha de informação do seu futuro utilizador, para que assim possa ser criado um perfil do seu padrão biométrico. A atividade do utilizador é monitorizada continuamente e as suas interações serão constantemente comparadas ao perfil previamente definido, permitindo assim a correta autenticação do utilizador e também a deteção do seu estado de *stress*.

## 1.2. Objetivos

Esta dissertação visa o desenvolvimento de um sistema capaz de determinar o momento em que uma criança se encontra em *stress* recorrendo à utilização de uma rede de sensores. A deteção do estado de *stress* do utilizador em tempo real pode revelar-se bastante útil, devido à sua aplicabilidade em diversos contextos prevenindo a ocorrência de situações indesejáveis. Os dados biométricos recolhidos servirão também para realizar a autenticação da criança perante o sistema, fornecendo assim melhores garantias de privacidade e segurança.

Para atingir o objetivo proposto deverão ser realizadas as seguintes tarefas:

- Definição de uma arquitetura funcional para o sistema;
- Criação de um ambiente de simulação de *stress* para a criança;
- Recolha dos dados resultantes da simulação e conseqüente processamento e extração das características desejadas para posterior desenvolvimento de um modelo biométrico de dados;
- Classificação das amostras recolhidas, utilizando um *software machine learning* adequado a este projeto;
- Avaliação do sistema com base nos resultados obtidos no ponto anterior.

### 1.3. Método de investigação

O método de investigação adotado para a concretização desta dissertação incide em três tarefas principais, nomeadamente:

- Recolha de dados biométricos;
- Análise e processamento da informação recolhida;
- Classificação dos dados.

Em parceria com a Escola de Psicologia da Universidade do Minho foi definido o protocolo mais indicado para proceder à recolha de dados biométricos. Esta fase tinha como principal objetivo definir os valores padrão da criança e medir a sua resposta biométrica quando confrontada com uma situação de *stress*. Foram recolhidas amostras de 20 crianças com idades entre os 5 e 6 anos.

O processamento dos sinais obtidos foi realizado recorrendo à ferramenta de programação *Matlab*. De seguida, para proceder à classificação da informação foi utilizado um algoritmo de *software machine learning* definido pela ferramenta RStudio.

### 1.4. Estrutura da dissertação

O presente documento inicia com um breve capítulo introdutório que visa contextualizar o leitor relativamente aos objetivos e metodologia adotados no âmbito desta dissertação.

No capítulo 2 é apresentada uma breve descrição sobre biometrias, mais especificamente, os seus requisitos, classificação e arquitetura, enfatizando a sua relação com o *stress*.

Os próximos dois capítulos descrevem os procedimentos necessários ao desenvolvimento do modelo de deteção de *stress*, nomeadamente, a recolha e processamento de dados e consequente classificação da informação resultante.

O capítulo 5 é constituído pela apresentação e análise dos resultados obtidos tanto na deteção de stress como na autenticação.

A dissertação termina com uma breve reflexão sobre os resultados do trabalho realizado e com a definição de tarefas que poderão ser implementadas no futuro.

## 2. Biometrias

O controlo de acesso a sistemas informáticos é tipicamente realizado através da inserção de uma palavra-passe ou utilizando cartões de identificação. No entanto, a segurança pode ser facilmente quebrada, quando a palavra-passe é divulgada a um utilizador não autorizado ou quando o cartão é extraviado. A utilização de uma palavra-passe simples não é aconselhável, pois estas podem ser facilmente adivinhadas por um intruso. Por outro lado, a criação de uma palavra-passe complexa poderá revelar-se de difícil memorização para o utilizador legítimo. O aparecimento das biometrias veio colmatar algumas das falhas dos métodos de verificação tradicionais [4].

O termo biometrias deriva da junção das palavras gregas "*bios*" e "*metrikos*" que significam vida e medida, respetivamente [5]. A identificação ou verificação automática de um indivíduo através da utilização de uma ou mais características fisiológicas e/ou comportamentais é denominado de biometria.

Em termos práticos, durante a construção de um sistema biométrico devem ser considerados fatores como o desempenho e aceitabilidade. Um sistema deve ser facilmente integrável no quotidiano do utilizador e suficientemente robusto a métodos fraudulentos e ataques informáticos [5].

Um sistema de autenticação baseado em biometrias apresenta como vantagem uma maior conveniência para o utilizador por eliminar a necessidade de criar e lembrar senhas de acesso ao sistema. É uma das poucas técnicas que garantem o não-repúdio por parte do utilizador. Estes tipo de sistemas têm vindo a ser aplicados em contextos que exigem uma maior segurança nos sistemas de informação e no controlo de acesso eletrónico e físico a zonas reservadas.

A construção de um sistema biométrico exige o conhecimento de vários conceitos que devem ser estudados de forma integrada desde o procedimento adequado para a medição de dados, ao seu processamento e interpretação,

extração de características relevantes, até aos algoritmos de classificação e análise dos mesmos. A interdisciplinaridade e integração de diversas áreas tecnológicas surge assim como um aspeto crucial ao desenvolvimento destes sistemas e aplicações [6].

A comunidade neurocientífica tem vindo a focar a sua abordagem na análise das manifestações físicas das emoções, uma vez que estas podem ser definidas como respostas que informam o organismo sobre situações desejáveis ou indesejáveis. A qualquer alteração de estado emocional está tipicamente associada uma variação de algumas características fisiológicas, nomeadamente, a frequência cardíaca, pressão arterial, secreções glandulares, entre outros.

A neurociência considera duas perspetivas sobre as emoções que se encontram representadas na tabela abaixo indicada [7].

Perspetiva	Definição	Medição
<b>Neurocientífica</b>	Estados somáticos que fornecem sinais ao organismo indicando se as situações e/ou respostas são desejáveis ou aversivas de acordo com determinado objetivo.	Realizada através da análise de sinais fisiológicos tais como: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ritmo cardíaco, níveis hormonais e condutividade da pele;</li> <li>• Combinação de diversos sinais fisiológicos e padrão biométrico do indivíduo.</li> </ul>
<b>Cognitiva</b>	Experiência subjetiva de pressentimento ou disposição que fornece informação tendo em conta o valor e importância de objetos, eventos ou juízos.	As escalas são definidas através do padrão biométrico do indivíduo em questão.

Tabela 1 - Perspetivas sobre emoções [7]



Este capítulo visa realizar uma breve descrição do funcionamento e arquitetura de sistemas biométricos enfatizando a definição de modelos de deteção de *stress* utilizando sensores para monitorização fisiológica assim como a sua utilização para autenticação.

## **2.1. Tipos de biometrias**

As biometrias são uma técnica de análise e medição de características intrínsecas e mensuráveis do ser humano que possibilitam o reconhecimento e autenticação da identidade de um indivíduo. Como referido anteriormente, estas podem ser classificadas em dois tipos: as biometrias físicas e as biometrias comportamentais.

### **2.1.1. Biometrias físicas**

Este tipo de biometrias refere-se a características e/ou respostas corporais do utilizador, tais como as impressões digitais, geometria da mão, características faciais e quaisquer outras características únicas que possam ser associadas ao corpo humano e medidas através de um processo automático [8] [9].

#### **Impressão digital**

A impressão digital é definida por diferentes relevos e sulcos no dedo do ser humano. O seu padrão pode ser utilizado para identificar ou verificar a identidade do indivíduo, uma vez que esta é única e distinta em cada indivíduo.

Existem diversas abordagens possíveis para a verificação de identidade através da impressão digital, nomeadamente, utilizando verificação ótica, capacitiva ou por ultrassom [10].

A impressão digital apresenta três padrões tipicamente definidos: o padrão em arco, em ciclo e em espiral. A figura abaixo representada ilustra os três padrões mencionados [11].



**Figura 1 - Padrões de impressão digital: em arco, ciclo, espiral, respetivamente [11]**

Esta é uma biometria que já se encontra padronizada e que possui uma grande variedade de aplicações associadas. Com a crescente diminuição dos custos dos dispositivos e facilidade de processamento desta técnica, a identificação do utilizador através da sua impressão digital tem ganhado uma aceitação cada vez maior. Entre as vantagens de utilização desta técnica encontra-se a necessidade de um espaço de armazenamento reduzido e integração simples nos dispositivos de autenticação. A maior preocupação relativamente a esta tecnologia é o facto da impressão digital poder sofrer alterações de acordo com determinados fatores, tais como a idade e algumas doenças dermatológicas, como por exemplo a psoríase [11].

### **Geometria da mão**

A criação de um sistema biométrico baseado neste método envolve a análise e medição da forma da mão. As características da geometria da mão incluem a área ou o tamanho da mesma, o comprimento e a largura dos dedos.

Adicionalmente, podem também ser considerados pontos específicos da imagem capturada e calculadas as distâncias entre estes pontos [12].

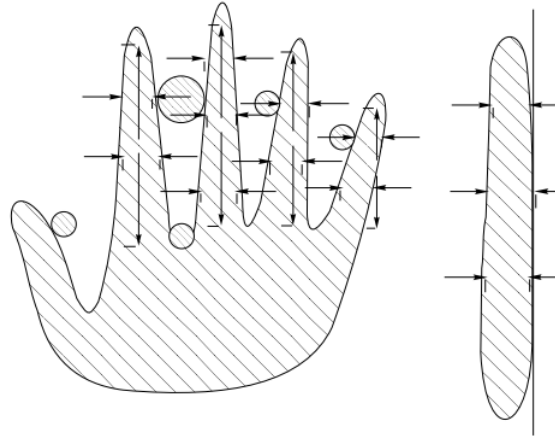


Figura 2 - Medidas típicas da geometria da mão [13]

Esta biometria oferece um balanço positivo no que concerne ao desempenho e facilidade de utilização. A sua precisão pode ser bastante alta e confiável e o seu desempenho é de fácil ajuste e configuração. Os leitores da geometria da mão têm sido amplamente utilizados devido à sua facilidade de integração em diversos sistemas. Esta é uma técnica que se revela bastante útil quando utilizada como variável biométrica complementar sendo tipicamente utilizada em sistemas de análise da impressão digital [12].

Trata-se de uma de uma biometria de custo relativamente baixo, indicada para aplicações de controlo de acesso a zonas reservadas e registo do horário de trabalho.

A eficiência deste sistema pode ser afetado por alguns fatores externos como por exemplo, a temperatura. Num ambiente em que a temperatura seja muito inferior à temperatura corporal, a humidade no leitor pode danificar a imagem recolhida [13]. Não é aconselhável a aplicação deste sistema para identificação de crianças, pois a geometria da mão sofre alterações durante a fase de crescimento.

## Reconhecimento facial

Esta técnica consiste na medição integral da estrutura facial do utilizador, designadamente da distância entre os olhos, boca, nariz e entre outros pontos que possam ser considerados relevantes [12].

O procedimento adotado neste tipo de sistemas consiste na captação de uma fotografia do indivíduo a partir da qual são extraídas características específicas do utilizador. Posteriormente a informação recolhida é comparada com o perfil de utilizador presente na base de dados e conseqüentemente é definida a identificação do utilizador [14].

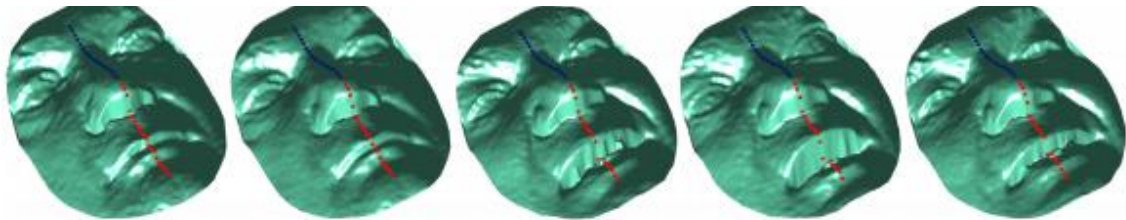


Figura 3 - Medições para reconhecimento de rosto recorrendo a diferentes expressões faciais [14]

A principal vantagem deste método comparativamente aos demais sistemas biométricos reside no facto de se tratar de uma tecnologia não intrusiva com potencial para ser aplicada a sistemas de vigilância devido à sua capacidade de capturar imagens faciais à distância. A utilização desta técnica poderá assim contribuir para uma melhor argumentação em termos jurídicos. No entanto, a captura da imagem deve cumprir determinados requisitos, pois orientações faciais diferentes, iluminações adversas ou até mesmo o envelhecimento podem dificultar o reconhecimento do indivíduo [15] [16].

## Retina

Os sistemas biométricos baseados na leitura da retina analisam os vasos sanguíneos situados na parte de trás do olho, utilizando uma fonte de luz capaz de reconhecer padrões óticos únicos [12] [17].

Esta tecnologia é reconhecida como sendo bastante eficaz na identificação e autenticação dos utilizadores, no entanto, é considerada uma das tecnologias menos utilizadas no campo das biometrias devido o custo do equipamento necessário para a sua implementação [10] [17].



Figura 4 - Exemplo de uma imagem usada na análise da retina [17]

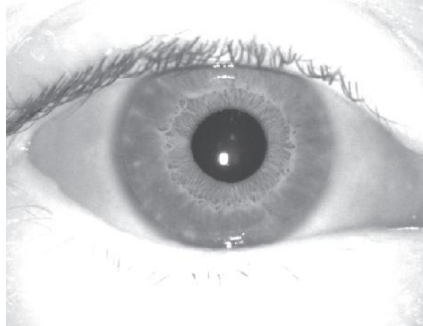
A leitura da retina é um sistema biométrico que é mais utilizado por entidades governamentais e militares [10].

## Íris

Esta tecnologia caracteriza-se pela leitura e análise das características da íris do olho humano. É a biometria ocular menos intrusiva, podendo ser verificada até com óculos, pois não é necessário um contacto muito próximo entre o utilizador e o leitor [12] [17].

A íris do olho revela-se uma característica adequada para análise, uma vez que o olho é um órgão que se encontra protegido de agressões exteriores,

sujeito a condições pouco variáveis e única do indivíduo (até gêmeos idênticos possuem padrões de íris distintos) [18].



**Figura 5 - Fotografia da íris do olho humano [17]**

O processo de recolha de dados consiste na gravação de uma fotografia para futura comparação com a fotografia utilizada para autenticação do utilizador. Trata-se de uma biometria com uma baixa margem de erro na autenticação.

### **2.1.2. Biometrias comportamentais**

Este grupo de biometrias consiste na análise e medição de padrões comportamentais do ser humano realizados na vida quotidiana. Cada indivíduo expressa-se e interage de forma característica e única. São exemplos de biometrias comportamentais: o discurso, a dinâmica de escrita no teclado e de movimento do rato, assinatura, marcha e todos os movimentos ou gestos de qualquer parte do corpo que sejam típicos e capazes de identificar determinado utilizador [18].

Geralmente este tipo de biometrias não dão muitas garantias de segurança sendo utilizadas em aplicações de baixa a média segurança. Em casos que exijam uma maior segurança são utilizadas biometrias físicas. Ainda

são poucos os estudos realizados dentro desta categoria de biometrias sendo que as mais desenvolvidas são a voz e assinatura [12].

## Assinatura

Esta técnica consiste na análise da trajetória de uma assinatura. Características de escrita como a rapidez, velocidade e pressão são tão importantes quanto a forma final da assinatura. Entre as várias biometrias comportamentais, a assinatura é a que apresenta uma melhor aceitação devido à facilidade de recolha de informação e ao facto de não exigir muitos recursos computacionais.

Os sistemas biométricos baseados em assinatura possuem dois modos de funcionamento: dinâmico (*online*) e o estático (*offline*).

As assinaturas *online* são tipicamente utilizadas em *tablets* com caneta. O sistema biométrico deverá guardar todos dados relativos à assinatura, como por exemplo, a trajetória, pressão exercida pela caneta e número de vezes em que a caneta se encontra em contacto ou não com o *tablet*. A autenticação através da assinatura compara a assinatura realizada pelo utilizador no momento com a assinatura armazenada em base de dados [19].

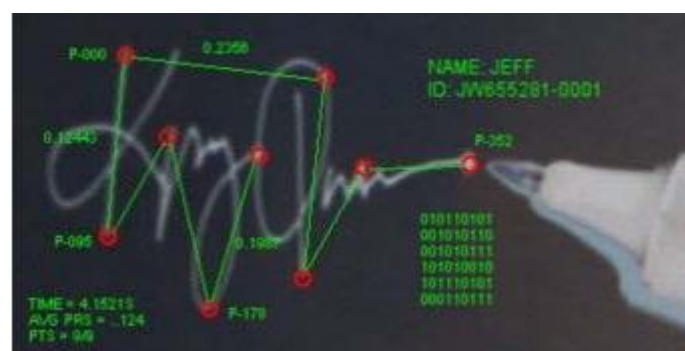


Figura 6 - Medições de uma assinatura dinâmica [19]

Uma assinatura *offline* é uma assinatura em papel que foi posteriormente digitalizada e armazenada no computador. Através de técnicas de análise e processamento de imagem o sistema irá concluir se a assinatura do utilizador é verdadeira ou falsa [19].

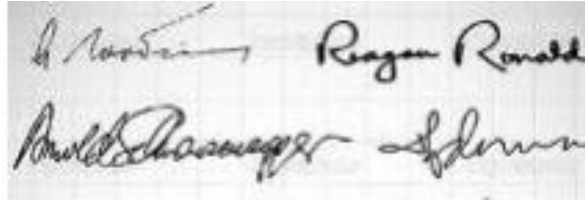


Figura 7 - Exemplo de uma assinatura estática [19]

Entre estes dois tipos de assinatura, a assinatura dinâmica revela-se um método de verificação mais eficiente e robusto. Trata-se de uma técnica de fácil implantação nos dispositivos móveis capaz de reforçar a segurança de um sistema [20].

### **Dinâmica do teclado**

A dinâmica de escrita no teclado é um método automático de análise da forma como o indivíduo utiliza o teclado do computador. Esta tecnologia examina dinâmicas como velocidade, pressão e o tempo total de escrita de uma determinada *password*. Trata-se de uma técnica com potencial para realizar uma autenticação contínua enquanto a pessoa utiliza o computador.

A verificação da dinâmica de escrita pode ser classificada em dois modos: estático e dinâmico.



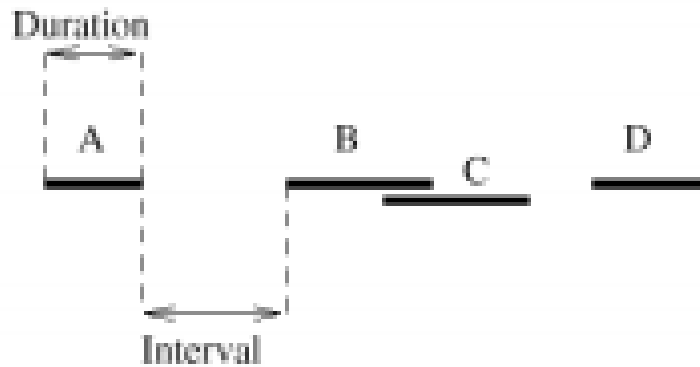


Figura 8 - Vetor de tempo de correspondente à pressão no teclado [21]

O modo de verificação estático fornece uma maior robustez ao processo de autenticação do que apenas o método tradicional de inserção de *password*, mas não fornece uma segurança contínua, pois não deteta a substituição do utilizador após a verificação inicial. Por outro lado, a verificação contínua monitoriza o comportamento de escrita durante toda a interação do utilizador com o sistema [22].

A utilização desta biometria num sistema não tem qualquer custo de *hardware* e a segurança na autenticação é reforçada, não exigindo qualquer tipo de ação suplementar ao utilizador [9].

## Reconhecimento de marcha

O reconhecimento de marcha baseia-se na análise do ritmo associado aos passos do ser humano e conseqüente definição de um padrão de locomoção do indivíduo. Para reconhecer as características da marcha existem métodos concretos de recolha de informação assim como de classificação [9].



Figura 9- Teste de Reconhecimento de Marcha [23]

Trata-se de uma técnica não invasiva, pois a informação relativa ao utilizador pode ser facilmente adquirida à distância. Esta biometria não necessita de uma alta resolução de imagem, o que constitui uma vantagem comparativamente a outros sistemas biométricos indicados para sistemas de vigilância. No entanto, existem diversos fatores que poderão afetar o reconhecimento de marcha, tais como a superfície em que o indivíduo caminha, o ângulo de visualização do utilizador e o tipo de sapato [23].

## Voz

As características físicas de cada indivíduo proporcionam à sua voz propriedades únicas. Os processos de autenticação que utilizam reconhecimento de voz baseiam-se em aspetos exclusivos da voz tais como som, timbre e ritmo para identificar o utilizador [16]. Estes tipo de sistemas biométricos possuem três métodos diferentes de verificação de identidade:

- **Texto fixo:** o utilizador diz uma palavra específica selecionada durante o processo de autenticação;

- **Dependente do texto:** o indivíduo deverá dizer uma frase particular;
- **Independente do texto:** o utilizador poderá dizer o que quiser. A precisão da verificação deste método melhora com a maior quantidade de texto armazenado em base de dados [24].



Figura 10 - Reconhecimento de voz [25]

Em todos estes casos, o processo de verificação de identidade consiste na comparação da voz no momento com os registos de voz do utilizador previamente guardados.

A principal vantagem da utilização destes sistemas deve-se ao baixo custo do *hardware* necessário. No entanto, a sua aplicação encontra-se limitada a aplicações de baixo nível de segurança, pois fatores como variações na voz de um indivíduo, fraca qualidade de som e ruído ambiente podem afetar a autenticação por reconhecimento de voz [16]. Existem três tipos de aplicações que tiram partido das informações biométricas presente no sinal de voz:

- **Autenticação por voz:** tipicamente utilizada para controlo de acesso;

- **Deteção de utilizador:** útil na criação de uma lista negra em *call centers*, em escutas telefónicas e sistemas de vigilância;

- **Reconhecimento forense:** Os sistemas de reconhecimento de voz podem servir de prova ou no desenvolvimento de dispositivos inteligentes capazes de ajudar na investigação [26].

## 2.2. Arquitetura de um sistema biométrico

Um sistema biométrico é um sistema de reconhecimento do padrão capaz de realizar a identificação pessoal de um indivíduo com base na sua informação biométrica, através da extração de um vetor de características fisiológicas e/ou comportamentais e comparando-as com um modelo de características padrão armazenado em base de dados.

A sua arquitetura é composta por quatro módulos fundamentais: módulo de aquisição, módulo de extração de características, módulo de classificação e base de dados. A imagem abaixo ilustra a arquitetura de um sistema biométrico assim como as interações existentes entre os módulos que a compõem [5] [27].

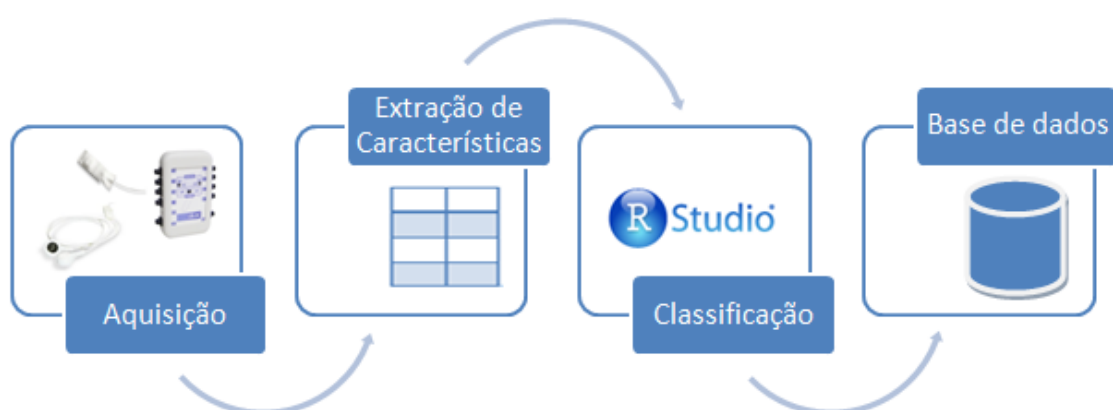


Figura 11- Arquitetura de Um Sistema Biométrico

### **2.2.1. Módulo de aquisição**

É o primeiro módulo do sistema e tem como função realizar a aquisição dos dados biométricos. Os dados de entrada podem ser quaisquer características fisiológicas e/ou comportamentais definidas de acordo com o contexto de aplicação do sistema. A aquisição de dados é efetuada com recurso a um ou mais sensores biométricos. A distância entre o sensor e o utilizador devem ser constantes durante todo o procedimento de recolha de dados [13].

Esta é a etapa mais importante do sistema, porque a precisão do produto final depende da qualidade dos dados obtidos neste módulo [28].

### **2.2.2. Módulo de extração de dados**

Neste módulo do sistema os dados extraídos pelo sensor são processados de forma a remover o ruído e o efeito de distorção do sinal. Posteriormente, serão extraídas as características mais significativas e que melhor contribuem para definir um padrão de identificação do utilizador. Cada recolha de dados biométrica possui um conjunto de características únicas capazes de identificar o indivíduo [27]. O vetor de dados resultante do módulo de extração de dados é denominado por vetor de características [28].

### **2.2.3. Módulo de classificação**

Este módulo é responsável pela validação ou rejeição do indivíduo que pretende aceder ao sistema. Os vetores de características obtidos anteriormente são armazenados em base de dados sob a forma de perfis ou *templates* e associados a um dado utilizador. Para aceder ao sistema o

indivíduo fornece os seus dados biométricos e estes são posteriormente comparados com as *templates* existentes [28].

Os vetores de características são utilizados para classificar os dados biométricos apresentados no sistema de acordo com um conjunto de regras de decisão designado por classificador. Existem diversos tipos de algoritmos classificadores. Estes deverão ser escolhidos de acordo com o contexto da aplicação de forma a proporcionar um melhor desempenho do sistema [13].

## **Algoritmos de classificação**

Os algoritmos de classificação *machine learning* encontram-se divididos em dois grupos: aprendizagem supervisionada e aprendizagem não supervisionada.

Os algoritmos de aprendizagem não supervisionada baseiam-se na análise de dados por *software* e são agrupados por classes de acordo com regras predefinidas pelo programador do sistema. Os algoritmos de aprendizagem supervisionada, como é o caso deste modelo, consiste numa técnica em que o sistema é definido de acordo com um conjunto de dados de treino devidamente etiquetado. Este tipo de aprendizagem é composta por duas fases: fase de treino e fase de testes.

A fase de treino consiste na criação de um modelo de classificação de dados com base num conjunto de dados de treino. Durante a fase de testes, o modelo desenvolvido é testado utilizando dados desconhecidos ao sistema com o objetivo de medir a precisão do modelo de classificação definido [29].

## **Modelos de classificação de dados**

- ***k-nearest neighbors***

Dado um ponto de teste  $x'$  e uma semelhança métrica predefinida capaz de ordenar os pontos de treino pela sua semelhança a  $x'$ , um algoritmo de classificação *k-nearest neighbor* irá atribuir a  $x'$  a classe que possui o maior resultado de semelhança. Este resultados são calculados através da soma das

semelhanças entre os  $k$  vizinhos mais próximos em cada classe. A regra de classificação que compara os resultados obtidos e retorna a classe de maior semelhança é definida pela seguinte expressão:

$$\Phi(x') = \operatorname{argmax}_{y' \in C} \sum_{k=1}^K \delta(y', \Phi(x_k)) \operatorname{sim}(x_k, x')$$

Onde  $k$  representa o número de vizinhos próximos e  $\delta(y', \Phi(x_k)) = 1$  se  $\Phi(x_k) = y'$  ou zero caso  $\Phi(x_k) \neq y'$ .

### • Naive Bayes

Para  $y' \in C$ , seja  $P(y')$  a principal probabilidade de cada classe. Para  $x_{ij}$  (característica  $j$  de uma dada instância  $x_i$ ), seja  $P(x_j|y')$  a probabilidade de observar o valor da característica  $x_j$  condicionalmente a  $y'$ . Dado um ponto de teste  $x'$  cujos valores de característica são  $(x'_1, \dots, x'_d)$ , a função de classificação de *Naive Bayes* é expressa por [30]:

$$\Phi(x') = \operatorname{argmax}_{y' \in C} P(y') \prod_{j=1}^d P(x'_j | y')$$

### • Support Vector Machine (SVM)

Dado um conjunto de dados tal que  $Z = \{ (x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_l, y_l) \}$ , este algoritmo visa construir um classificador  $f$  que mapeia os vetores de entrada  $x \in X$  em classes  $y \in Y$ . A classificação binária das classes é simplesmente  $Y = \{ -1, 1 \}$ . O classificador  $f \in F$  que irá atribuir aos novos exemplos  $(x, y)$  as classes a que pertencem de forma correta, isto é,  $f(x) = y$  exemplos para  $(x, y)$ , que foram criados pela mesma distribuição de probabilidade que os dados. A classificação binária é frequentemente realizada por encontrar um hiperplano que separa os dados tal como ilustra a figura 13 [31].

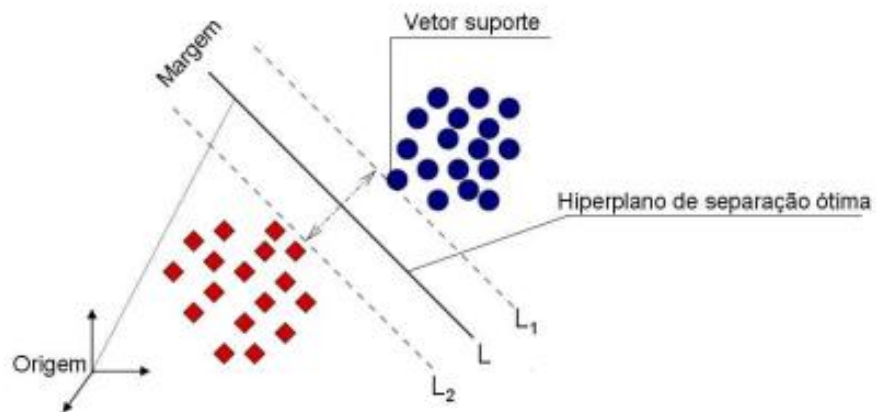


Figura 12 - Classificação SVM[31]

Num classificador SVM, a separação ótima entre classes ocorre através de um hiperplano condicional  $L$ , tal que este plano é orientado para maximizar a margem (distância entre as bordas,  $L_1$  e  $L_2$ ) definidas pelo ponto mais próximo de cada classe [32].

#### 2.2.4. Base de dados

Este é o último módulo do sistema. É responsável pelo armazenamento dos perfis biométricos de todos os utilizadores.

A correta verificação da identidade de um utilizador é bastante importante, pois um ataque a um modelo biométrico validado erradamente poderá comprometer futuras validações desse mesmo utilizador.



### 2.2.5. Modos de operação

Um sistema biométrico funciona em três modos: registo, identificação e verificação. No entanto de acordo com a sua aplicação, alguns sistemas apenas possuem dois modos: identificação ou verificação e registo [5].

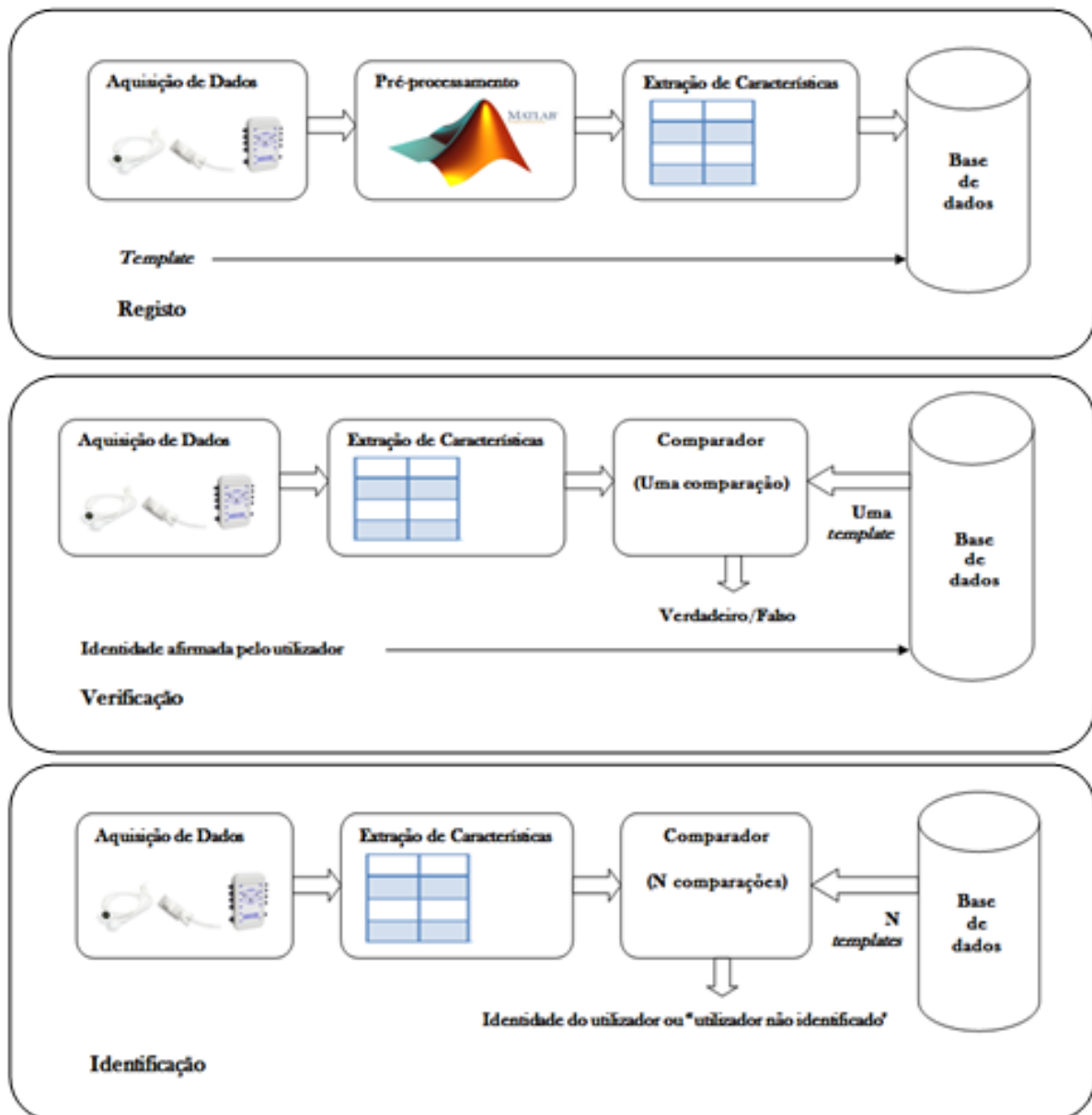


Figura 13 - Modos de operação de um sistema biométrico: registo, verificação e identificação

## Registo

Antes de um utilizador poder ser verificado ou identificado pelo sistema é necessária a realização de um registo. Neste modo, os dados biométricos do utilizador são adquiridos, pré-processados e, posteriormente, são retiradas as suas características significativas. Por fim, o perfil do utilizador é armazenado na base de dados ou no sistema de ficheiros [33].

## Verificação

No modo de verificação o sistema realiza uma comparação simples de um para um e retorna um resultado binário. O indivíduo que se pretende autenticar perante o sistema afirma uma dada identidade, utilizando um *token* ou *username* e uma amostra biométrica. O sistema de controlo de acesso consulta na base de dados o perfil que se encontra associado à identidade apresentada e compara-o à amostra biométrica fornecida pelo utilizador. Se as duas amostras biométricas coincidirem o sistema valida o acesso do indivíduo. Caso contrário, o utilizador não poderá aceder ao sistema porque o seu acesso será negado [34].

## Identificação

No modo de identificação o indivíduo apresenta uma amostra biométrica para ser analisada pelo sistema. O sistema pesquisa na sua base de dados todos os utilizadores conhecidos na tentativa de encontrar um perfil que corresponda à amostra apresentada. A principal diferença entre o modo de identificação e o modo de verificação é que no modo de identificação é efetuada uma comparação de um para muitos [33]. Os sistemas biométricos baseados na identificação são menos eficientes devido ao grande número de comparações que são necessárias processar [34]. Quanto maior for o tamanho da base de dados, menor será a precisão do sistema.

### 2.3. Relação entre o *stress* e biometrias comportamentais

Geralmente, o *stress* é definido como sendo uma resposta corporal a eventos externos que de alguma forma modifica o balanço interno do indivíduo ou lhe transmite a sensação de ameaça. Qualquer agente causador de *stress* é normalmente designado de *stressor*. O corpo reage ao agente *stressor* produzindo hormonas, tais como adrenalina, para a corrente sanguínea, o que possibilita um aumento da concentração da pessoa em causa [35].

Hans Hugo Bruno Selye, considerado o "pai do *stress*", defende que o *stress* é uma resposta não específica do corpo a qualquer necessidade [36]. Sob o ponto de vista biológico, os efeitos do *stress* podem ser positivos, neutros ou negativos. Trata-se de um fenómeno complexo, que possui diversas formas e que afeta pessoas de todas as idades, estatuto social, profissão e localização. Existem pelo menos três perspetivas para definir o *stress* que contribuem para a sua compreensão. Assim, este pode ser descrito de acordo com:

- **Um estímulo**

Este tipo de *stress* resulta da pressão. Quanto maior a pressão existente sobre um indivíduo, maior a probabilidade da pessoa em causa entrar em *stress*. Quando o estímulo externo se torna demasiado grande, o colapso interno torna-se inevitável.

- **Uma resposta fisiológica**

Esta é a definição de *stress* enfatizada por Selye (1956), que afirma que é possível medir o *stress* através de uma avaliação das respostas fisiológicas do indivíduo. Selye observou o que ele chamou de síndrome de adaptação geral durante o qual a reação física do corpo ao *stress* progride através de três fases: a reação de alarme, a fase de resistência e a fase de exaustão.

Inicialmente, o corpo é alertado e responde com uma reação de alarme. Numa segunda fase, a atividade autonómica é acionada e o corpo prepara-se para lidar com o *stress*. Por fim, se a tensão continuar para além da capacidade do corpo para responder, o sistema é danificado e pode entrar em colapso.

- **Um processo dinâmico**

O estudo do *stress* causado apenas pelo estímulo ou baseado nas respostas corporais contribuiu para a compreensão do fenómeno, mas ambas as perspetivas possuem limitações. As definições de *stress* com mais valor na prática clínica defendem que o *stress* é um processo dinâmico que reflete tanto fatores externos como internos, ou seja, características da pessoa assim como as interações entre elas [37].

Com base na perspetiva definida por Selye, vários estudos têm sido realizados no sentido de avaliar quais são as principais alterações fisiológicas causadas pelo *stress*. A compreensão da relação entre a expressão emocional e fisiológica do ser humano revela-se um contributo bastante valioso para a definição de uma teoria da emoção, assim como para uma possível mudança no tratamento de terapias expressivas [38].

Tal como foi mencionado anteriormente, as biometrias comportamentais definem padrões de comportamento de um indivíduo nas mais diversas situações do quotidiano. Numa situação de *stress*, também é possível padronizar a reação fisiológica do indivíduo.

Os efeitos do *stress* podem ser definidos em quatro vertentes principais: fisiológica, cognitiva, emocional e comportamental.

A reações comportamentais tendem a variar muito de acordo com a personalidade do indivíduo. Por exemplo, problemas de fala, hesitação ou dificuldade na articulação de palavras, padrões de sono interrompidos ou níveis extremos de fadiga tornam-se mais evidentes quando a pessoa em causa se encontra numa situação de *stress* [37].

## Fatores indicadores de *stress*

Uma situação de *stress* pode ser avaliada através da análise de diversos fatores físicos. Quando sujeito a um agente *stressor*, o corpo humano reage aumentando a pressão sanguínea, a quantidade de hormonas produzidas e algumas funções básicas são evitadas, como por exemplo a fome e o sono [39].

Um modelo de deteção de *stress* surge como sendo o método mais indicado para obter uma melhor compreensão da disposição do utilizador que tenta aceder ou que se encontra a utilizar o sistema. Assim, se a pessoa apresenta valores fora dos limites do seu padrão de *stress*, então algo anormal está a acontecer com o indivíduo e poderá comprometer a segurança do sistema.

Características como a condutividade e temperatura da pele, a dilatação da pupila do olho e o ritmo cardíaco, são indicadores de *stress* que facilmente poderão ser recolhidos e processados de uma forma não intrusiva, contribuindo assim para a construção de um padrão comportamental biométrico capaz de identificar inequivocamente o seu utilizador.

## Condutividade da pele

A condutividade da pele, também denominada de resposta galvânica, designa a medida da resistência elétrica da pele. Recentemente, a resposta dermoelétrica (EDR) tem sido descrita como uma medida fisiológica válida e não invasiva. Uma vez que a pele se torna momentaneamente melhor condutora de eletricidade quando exposta a estímulos internos ou externos, esta revela ser uma característica bastante útil e indicadora de situações de dor ou *stress* [40] [41]. Apresenta como vantagem o facto de não ser afetada pela temperatura ambiente e pelo estado cardiorrespiratório do indivíduo. Trata-se de uma medida da resposta reflexa psicogalvânica do sistema nervoso simpático a uma determinada situação de *stress*. Um aumento transitório da condutividade da pele é proporcional à secreção de suor. Uma vez que as

glândulas sudoríparas são controladas pelo sistema nervoso central, a condutividade da pele atua como um indicador para a ativação simpática causada pela reação de *stress*. A cada ativação simpática, o suor é libertado na superfície da pele, o que resulta num aumento da sua condutividade. As mãos e os pés, são as zonas do corpo em que a densidade de glândulas sudoríparas é mais alta, daí que sejam estas as regiões do corpo normalmente utilizadas para efetuar a medição da resposta galvânica da pele (GSR).

Trata-se de uma característica fidedigna que pode ser aplicada em indivíduos de qualquer idade. Recentemente, a GSR tem sido medida em resposta a procedimentos de punção do calcanhar em recém-nascidos lactentes de apenas 29 semanas [42].

### **Temperatura da pele**

A pele é o maior órgão do corpo humano. Esta protege os tecidos do corpo contra lesões e ajuda a regular a temperatura corporal tornando os seus poros maiores ou mais pequenos.

A temperatura da pele é um indicador quantitativo que possibilita uma avaliação objetiva das sensações humanas. É controlada pela atividade do nervo simpático, o que torna possível a análise do processamento da informação no cérebro [43].

A exposição ao *stress* resulta numa resposta endócrina, autónoma e comportamental que permite ao organismo adaptar-se ao ambiente circundante. A análise destes parâmetros tornou evidente que a temperatura do corpo humano se altera em resposta a uma situação de *stress* [44].

### **Fotopletismografia**

A medição do volume de pulso sanguíneo (BVP), também denominado de fotopletismografia (PPG), é um método de análise ótica que permite detetar as alterações da dinâmica cardiovascular através do estudo da translucidez

arterial. Quando o coração bombeia sangue, as artérias tornam-se mais opacas, diminuindo a quantidade de luz transmitida [45].

Investigadores dos mais diversos domínios da ciência têm vindo a demonstrar um crescente interesse na análise do sinal de PPG devido às suas numerosas vantagens, designadamente, à não invasividade, baixo custo e conveniência enquanto ferramenta de diagnóstico médico.

Estudos recentes enfatizam que a informação que se encontra incorporada no sinal de PPG, pode ter mais aplicações do que a oximetria de pulso e cálculo do ritmo cardíaco. Com o devido processamento, este sinal permite obter dados acerca da saturação de oxigénio no sangue e pressão arterial do utilizador.

O sistema de medição de um sensor de fotopleletismografia consiste numa luz LED, um fotodetetor e um sistema elétrico para filtrar e amplificar o sinal. O comprimento de onda mais adequado para a sua aplicação varia de acordo com o tipo de tecido em que o sensor será utilizado.

O sinal de PPG pode ser obtido de acordo com duas configurações:

- **Transmissão de luz**

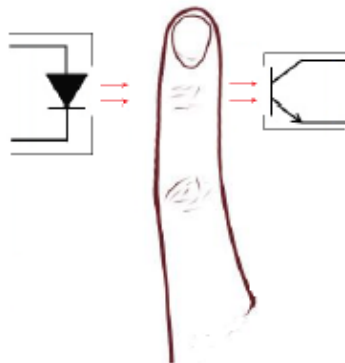


Figura 14 - Transmissão PPG [38]

Neste tipo de medição a luz é transmitida pelo emissor, atravessa o meio e é detetada no lado oposto (recetor). A transmissão PPG é frequentemente analisada na ponta do dedo. No entanto esta tecnologia também pode ser aplicada no lóbulo da orelha. Esta é a configuração que

impõe maiores restrições. O sensor deverá ser colocado de forma a evitar qualquer tipo de movimento.

- **Reflexão de luz**

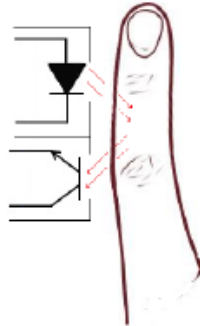


Figura 15 - Reflexão PPG [38]

Este método envolve a reflexão da luz no meio. Uma luz infravermelha incide no tecido corporal do utilizador e a quantidade de luz refletida corresponde à variação do volume de fluxo sanguíneo [45]. Nesta configuração, o LED e o fotodetector são colocados lado a lado [46].

A análise do sinal de fotopletismografia permite obter a variação da frequência cardíaca do indivíduo o que representa um contributo significativo ao estudo de potenciais situações de *stress*.

## **Acelerometria**

A acelerometria é uma técnica que consiste na deteção e medição dos movimentos produzidos pelo ser humano. Uma vez obtida esta medida, é possível inferir uma relação entre a saúde do utilizador e a sua atividade física.

A medição dos movimentos do indivíduo é realizada com recurso a um sensor portátil, de pequenas dimensões, não intrusivo e de fácil utilização. A utilização deste sensor permite definir o padrão e intensidade de movimento do



utilizador, assim como quantificar a sua atividade total num determinado período de tempo [47].

O estudo de uma reação de *stress* por parte do utilizador exige a avaliação de diversos parâmetros. Quando determinado estímulo causa ansiedade ou perturba o utilizador, este apresenta vários sintomas fisiológicos sendo um deles o tremor. A utilização de um sensor de acelerometria revela assim um importância crucial no sentido em que permite detetar e quantificar o movimento executado pelo indivíduo [48].



## 3. Arquitetura do sistema

A construção de um sistema biométrico inicia-se pela recolha e processamento de dados. Este procedimento requer a seleção de um conjunto de técnicas adequadas, capazes de orientar o tratamento de dados para um objetivo específico.

Esta fase revela-se a mais importante no processo de desenvolvimento do sistema, pois a realização de um bom tratamento do sinal permite a obtenção de resultados mais fidedignos.

Neste capítulo serão descritas todas as componentes da arquitetura do sistema biométrico proposto e todo o processamento de sinal realizado para a extração das características relevantes no âmbito do projeto.

### 3.1. Sistema biométrico proposto

Nesta dissertação é proposto um modelo de deteção de *stress* na infância. O processamento das biometrias físicas permitem ao sistema a criação de um perfil biométrico por utilizador, assim como a deteção de uma situação de *stress*. Esta última fornece uma enorme vantagem a este sistema devido à sua vasta aplicabilidade.

Após a realização da revisão bibliográfica, foi possível concluir que os sensores de fotopletismografia, temperatura da pele, acelerometria e condutividade dermoelétrica poderiam ser bons indicadores de *stress* e permitir a criação de um padrão biométrico capaz de autenticar o utilizador.

Para possibilitar a análise dos dados segundo estas duas perspetivas, serão definidos dois momentos de recolha de dados.

Num primeiro momento, pretende-se definir o perfil biométrico padrão do utilizador. Na segunda fase de recolha de dados o principal objetivo é avaliar as alterações causadas no utilizador devido à existência de uma possível situação de *stress*.

A concretização da recolha de dados é necessária sempre que um novo utilizador deseje integrar o sistema. Uma vez armazenados os dados, estes deverão ser sujeitos um processamento para que, posteriormente, possa ser realizada a sua classificação.

O modelo de autenticação do utilizador será testado em ambiente *machine learning* cruzando a informação relativa ao utilizador legítimo com vários outros utilizadores.

O modelo de deteção de *stress* será definido comparando as duas fases de recolha de dados, ou seja, verificando as diferenças entre o perfil biométrico padrão do utilizador com o perfil biométrico apresentado quando sujeito a um agente *stressor*.

## 3.2. Recursos utilizados

A fase de recolha de dados é constituída não só pela definição do procedimento experimental e aquisição de dados, mas também pelo seu processamento.

Esta secção visa uma apresentação detalhada de todas as tecnologias utilizadas na concretização desta dissertação tanto em termos de hardware como de *software*. Após a recolha dos dados, é necessário eliminar o ruído que possa estar presente no sinal obtido. Para a execução do processamento de dados a ferramenta escolhida foi o *Matlab*. Esta é uma linguagem de alto nível com um ambiente interativo e de fácil compreensão. Trata-se de uma ferramenta bastante versátil, pois pode ser utilizada em diversas áreas, nomeadamente, no processamento de sinais e imagens, comunicações, sistemas de controlo e finanças computacionais.

O processo de recolha de dados envolve a utilização de diversos sensores biométricos, mais concretamente, foram utilizados sensores de acelerometria, temperatura, condutividade dermoelétrica e de fotoplethismografia.

### 3.2.1. Sistema de aquisição de dados

A *plux* é uma empresa cujo foco se encontra direcionado para o desenvolvimento de soluções inovadoras nas áreas do desporto, cuidados de saúde e investigação através da integração do processamento e miniaturização de biosensores.

Na presente dissertação os dados biométricos do utilizador foram recolhidos utilizando o dispositivo de aquisição da *plux*, que se encontra representado na figura abaixo.



Figura 16 - Dispositivo BioPlux

O *bioPLUX* é um dispositivo que possui múltiplos canais, permitindo assim a recolha de informação de sensores biométricos diferentes em simultâneo. O protocolo de transferência de dados utilizado é o Bluetooth, sendo que o aparelho possui um adaptador desta tecnologia já incluído. A bateria é recarregável e a sua autonomia é de aproximadamente 12 horas.

### 3.2.2. Sensor de acelerometria



Figura 17 - Acelerómetro triaxial

No processo de aquisição de dados foi utilizado um acelerómetro triaxial idêntico ao representado na figura 14. Trata-se de um dispositivo de pequenas dimensões, estável e de alta precisão desenvolvido para aplicações em que são necessárias medidas de cinemática e movimento. O seu alto nível de sensibilidade torna-o indicado para a realização de medições. Este sensor deve ser utilizado de forma fixa para minimizar artefactos de movimento indesejáveis do sensor.

A tabela abaixo representada resume as especificações que caracterizam o dispositivo utilizado.

Especificações	Descrição
<b>Tipo</b>	MEMS
<b>Eixos</b>	3
<b>Gama</b>	$\pm 3,6G$
<b>Largura de Banda</b>	0-50Hz

Tabela 2 - Especificações do acelerómetro triaxial *bioplux*

Existem diversos tipos de acelerómetros. Entre os acelerómetros mecânicos os mais comuns são os capacitivos, os piezoelétricos e os piezoresistivos. No entanto, desde o aparecimento dos acelerómetros electromecânicos, estes têm vindo a ser cada vez menos utilizados.

O acelerómetro usado nesta dissertação é um sensor eletromecânico do tipo MEMS (*Micro Electro Mechanical System*). O funcionamento desta

tecnologia consiste na utilização as propriedades mecânicas do silício para criar estruturas móveis capazes de detetar movimento em direções distintas. As principais vantagens da utilização deste sensor incluem:

- Compatibilidade com as atividades do quotidiano;
- Precisão na avaliação da atividade durante períodos de tempo específicos;
- Possibilidade de ser aplicado a qualquer faixa etária.

O dispositivo deve ser colocado no local do corpo em que se pretende analisar o movimento. Por exemplo, se o objetivo é estudar o movimento da perna durante a marcha, o acelerómetro deverá ser colocado no tornozelo ou na canela do indivíduo [49].

#### 3.2.3. Sensor de condutividade da pele



Figura 18 - Sensor de condutividade da pele

A figura 15 ilustra um sensor de condutividade dermoelétrica. Este possui a capacidade de detetar até os mais remotos eventos de variação da resposta galvânica da pele. Entre as diversas aplicações deste sensor encontra-se a deteção de alterações de estados emocionais e/ou cognitivos.

A tabela abaixo representada indica todas as especificações do sensor.

---

<b>Especificações</b>	<b>Descrição</b>
<b>Gama</b>	0-13 $\mu$ S
<b>Largura de Banda</b>	: 0-3Hz
<b>Consumo</b>	~0.72mA
<b>Impedância de Entrada</b>	1 GOhm

---

Tabela 3 - Especificações do sensor de condutividade dermoelétrica da *plux*

As principais características deste sensor são as seguintes:

- Medição da resistência da pele;
- Alta relação sinal ruído;
- Saída analógica pré-condicionada;
- Cabos miniaturizados blindados.

Existem diversas aplicações associadas ao sensor de condutividade dermoelétrica nomeadamente na vigilância do sistema nervoso simpático, estudo da interação humano-computador, cartografia emocional e na construção de protótipos de biodispositivos.



### 3.2.4. Sensor de fotopletismografia



Figura 19 - Sensor de Fotopletismografia

O sensor de fotopletismografia é um sensor ótico, não invasivo que mede a dinâmica cardiovascular através da deteção das alterações da translucidez arterial. Este sensor é aplicado no dedo indicador e permite obter a frequência cardíaca do seu utilizador. As suas especificações encontram-se descritas na tabela abaixo indicada.

Especificações	Descrição
Ganho	34
Comprimento de onda	670nm
Consumo	~4.8mA
Largura de Banda	0.02-2.1Hz

Tabela 4 - Especificações do sensor de fotopletismografia

As principais características deste sensor são as seguintes:

- Possui um transmissor e recetor ótico
- Modo de funcionamento por transmissão de luz
- Alta relação sinal ruído

- Saída analógica pré-condicionada;
- Cabos miniaturizados blindados.

A medição do volume de pulso sanguíneo (BVP) constitui uma informação de interesse em diversas aplicações. Diversos estudos científicos utilizam esta tecnologia tanto para análise de dados fisiológicos como para estudos tecnológicos designadamente no desenvolvimento de técnicas de *affective computing*. Em termos médicos, revela-se um bom indicador da vasoconstrição sanguínea e constitui um fator de análise psicofisiológica.

### 3.2.5. Sensor de temperatura



Figura 20 - Sensor de temperatura

O sensor de temperatura da *plux* é uma resistência que altera a sua condutividade de acordo com a temperatura a que se encontra. Funciona como um termistor de coeficiente de temperatura negativo NTC (*Negative Temperature Coefficient*), ou seja, quanto maior é o valor da resistência, menor é o valor de temperatura a que está exposto o sensor. Foram desenvolvidos três modelos deste sensor: 01GG103, 01BF103 e 01GG232. Este modelo distingue-se pelo valor de resistência na ordem dos 2.252 k $\Omega$ .

Temp °C	2.252kΩ	10kΩ	Temp °C	2.252kΩ	10kΩ
0	7352,9	32650,5	26	2155,69	9572,32
1	6988,42	31032,1	27	2064,02	9165,29
2	6643,38	29499,9	28	1976,76	8777,79
3	6317,41	28052,4	29	1893,67	8408,68
4	6009,39	26684,6	30	1814,51	8057,31
5	5718,1	25391,2	31	1739,09	7722,43
6	5442,68	24168,2	32	1667,22	7403,29
7	5182,12	23011,2	33	1598,51	7098,42
8	4935,54	21916,3	34	1533,2	6808,36
9	4702,12	20879,8	35	1470,89	6531,31
10	4481,09	19898,3	36	1411,58	6265,75
11	4271,72	18968,6	37	1354,91	6016,47
12	4073,33	18087,6	38	1300,77	5776,05
13	3885,28	17252,6	39	1249,08	5546,53
14	3706,99	16460,9	40	1199,72	5327,34
15	3537,9	15710	41	1152,57	5117,97
16	3377,47	14997,7	42	1107,52	4917,94
17	3225,23	14321,6	43	1064,47	4726,77
18	3080,7	13679,8	44	1023,3	4543,91
19	2943,46	13070,4	45	983,97	4369,33
20	2813,11	12491,6	46	946,02	4200,84
21	2689,26	11941,6	47	909,99	4040,81
22	2571,54	11418,9	48	875,92	3889,51
23	2459,64	10922	49	842,96	3743,17
24	2353,22	10449,5	50	811,42	3603,1
25	2252	10000			

Figura 21 - Protocolo de calibração do sensor de acelerometria

A tabela abaixo indicada representa as características associadas aos três modelos de acelerómetros triaxiais desenvolvidos pela *plux*.

Parameter	Description			Units
	01GG103	01BF103	01GG232	
Sensor diameter(D)	2.04	0.77	2.04	mm
Sensor length (L)	9.53	4.88	9.53	mm
Cable length (A)	95	63	95	cm
Tolerance	See Table 2			
Wire type	28AWG (0.32)	38AWG Multewire (0.1)	28AWG (0.32)	mm
Wire isolation	Medical grade PVC	Isomid Polymer	Medical grade PVC	NA
Body material	Molded Plastic	Kapton Polymer	Molded Plastic	NA
R nominal value @ 25 °C	10	10	2.252	kΩ
Air response time [1]	15	15	15	s
Water response time [1]	2	2	2	s

Figura 22 - Características dos três modelos de sensores de acelerometria triaxial

### 3.3. Processamento de dados

Após a obtenção dos dados é necessário realizar um processamento dos sinais adquiridos, eliminando o ruído existente no sinal para posteriormente efetuar a extração do vetor de características de cada uma das variáveis recolhidas.

Esta secção apresenta os fundamentos teóricos necessários ao processamento dos sinais escolhidos para a implementação deste sistema.

#### 3.3.1. Sistemas e sinais discretos

Quando o sinal de entrada  $x[n]$  é obtido através da amostragem de um sinal contínuo no tempo  $x(t)$ , o intervalo  $T$  entre duas amostras sucessivas é conhecido como período de amostragem. A frequência de amostragem do sinal é equivalente ao número de amostras recolhidas por unidade de tempo e pode ser representada pela equação  $F_s = \frac{1}{T}$ . Se  $T$  for medido em segundos então  $F_s$  é representada em Hz.

Um sinal discreto pode ser definido de diversas formas, sendo que as mais comuns se encontram representadas na imagem abaixo.

Representation	Example																				
Functional	$x[n] = \begin{cases} \left(\frac{1}{2}\right)^n, & n \geq 0 \\ 0, & n < 0 \end{cases}$																				
Tabular	<table style="border-collapse: collapse; margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="padding: 0 10px;"><math>n</math></td><td style="padding: 0 10px;"> </td><td style="padding: 0 10px;">...</td><td style="padding: 0 10px;">-2</td><td style="padding: 0 10px;">-1</td><td style="padding: 0 10px;">0</td><td style="padding: 0 10px;">1</td><td style="padding: 0 10px;">2</td><td style="padding: 0 10px;">3</td><td style="padding: 0 10px;">...</td> </tr> <tr> <td style="padding: 0 10px;"><math>x[n]</math></td><td style="padding: 0 10px;"> </td><td style="padding: 0 10px;">...</td><td style="padding: 0 10px;">0</td><td style="padding: 0 10px;">0</td><td style="padding: 0 10px;">1</td><td style="padding: 0 10px;"><math>\frac{1}{2}</math></td><td style="padding: 0 10px;"><math>\frac{1}{4}</math></td><td style="padding: 0 10px;"><math>\frac{1}{8}</math></td><td style="padding: 0 10px;">...</td> </tr> </table>	$n$		...	-2	-1	0	1	2	3	...	$x[n]$		...	0	0	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	...
$n$		...	-2	-1	0	1	2	3	...												
$x[n]$		...	0	0	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	...												
Sequence	$x[n] = \left\{ \dots, 0, \underset{\uparrow}{1}, \frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{8}, \dots \right\}$																				
Pictorial																					

Figura 23- Modos de representação de um sinal discreto [50]

A energia de um sinal discreto  $x[n]$  é definida pela fórmula:

$$\varepsilon_x \triangleq \sum_{n=-\infty}^{\infty} [x[n]]^2$$

A potência de uma sequência  $x[n]$  é definida pelo cálculo da energia média por amostra e é representada de acordo com a expressão:

$$P_x \triangleq \lim_{L \rightarrow \infty} \left[ \frac{1}{2L+1} \sum_{n=-L}^L [x[n]]^2 \right]$$

Sequências de duração finita possuem energia finita, mas o valor da potência é zero. Quando a duração de uma sequência aumenta, a energia ou a potência do sinal não são garantidamente finitas.

Um sistema discreto no tempo é um processo ou algoritmo computacional que transforma ou mapeia a sequência  $x[n]$ , denominada sinal de entrada, numa outra sequência  $y[n]$ , designada sinal de saída. Na prática, um sistema discreto no tempo é um algoritmo numérico que processa uma sequência de entrada  $x[n]$  de comprimento finito, para produzir uma sequência  $y[n]$  de comprimento finito.

A expressão que representa este tipo de sistema é definida da seguinte forma:

$$y[n] = \mathcal{H}\{x[n]\}$$

Devido à dificuldade de análise e implementação de um sistema discreto no tempo ser elevada, os sinais de entrada devem possuir características muito específicas. A tabela abaixo enumera as propriedades que definem um sistema discreto no tempo [50].

Table 2.2 Summary of discrete-time system properties.		
Property	Input	Output
	$x[n]$	$\xrightarrow{\mathcal{H}} y[n]$
	$x_k[n]$	$\xrightarrow{\mathcal{H}} y_k[n]$
Linearity	$\sum_k c_k x_k[n]$	$\xrightarrow{\mathcal{H}} \sum_k c_k y_k[n]$
Time-invariance	$x[n - n_0]$	$\xrightarrow{\mathcal{H}} y[n - n_0]$
Stability	$ x[n]  \leq M_x < \infty$	$\xrightarrow{\mathcal{H}}  y[n]  \leq M_y < \infty$
Causality	$x[n] = 0$ for $n \leq n_0$	$\xrightarrow{\mathcal{H}} y[n] = 0$ for $n \leq n_0$

Figura 24 - Propriedades de um sistema discreto [50]

### 3.3.2. Transformada de Fourier de sinais discretos

Um sinal no domínio do tempo pode ser convertido para o domínio das frequências através do cálculo da transformada de Fourier. Esta transformada decompõe o sinal amostrado no tempo numa soma infinita de sinusóides complexas de frequência conhecida sendo definida pela seguinte expressão:

$$X(j\Omega) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n]e^{-j\Omega T n}$$

Onde  $x[n]$  representa um sinal discreto no tempo,  $\Omega$  designa a frequência analógica e  $T$  o período de amostragem. Para qualquer solução computacional o sinal utilizado é discreto, logo a transformada de Fourier utilizada é a seguinte:

$$X\left(e^{j\frac{2\pi k}{N}}\right) = \sum_{n=0}^{N-1} x[n]e^{-j\frac{2\pi}{N}kn}$$

Na imagem abaixo ilustrada podem ser consultadas as propriedades que caracterizam a transformada de Fourier discreta no tempo.

Table 4.4 Operational properties of the DTFT.		
Property	Sequence	Transform
	$x[n]$	$\mathcal{F}\{x[n]\}$
1. Linearity	$a_1x_1[n] + a_2x_2[n]$	$a_1X_1(e^{j\omega}) + a_2X_2(e^{j\omega})$
2. Time shifting	$x[n - k]$	$e^{-jk\omega}X(e^{j\omega})$
3. Frequency shifting	$e^{j\omega_0n}x[n]$	$X[e^{j(\omega-\omega_0)}]$
4. Modulation	$x[n] \cos \omega_0n$	$\frac{1}{2}X[e^{j(\omega+\omega_0)}] + \frac{1}{2}X[e^{j(\omega-\omega_0)}]$
5. Folding	$x[-n]$	$X(e^{-j\omega})$
6. Conjugation	$x^*[n]$	$X^*(e^{-j\omega})$
7. Differentiation	$nx[n]$	$-j \frac{dX(e^{j\omega})}{d\omega}$
8. Convolution	$x[n] * h[n]$	$X(e^{j\omega})H(e^{j\omega})$
9. Windowing	$x[n]w[n]$	$\frac{1}{2\pi} \int_{2\pi} X(e^{j\theta})W[e^{j(\omega-\theta)}]d\theta$
10. Parseval's theorem	$\sum_{n=-\infty}^{\infty} x_1[n]x_2^*[n]$	$= \frac{1}{2\pi} \int_{2\pi} X_1(e^{j\omega})X_2^*(e^{j\omega})d\omega$
11. Parseval's relation	$\sum_{n=-\infty}^{\infty}  x[n] ^2$	$= \frac{1}{2\pi} \int_{2\pi}  X(e^{j\omega}) ^2d\omega$

Figura 25 - Propriedades da DFT [49]

### 3.3.3. Filtros ideais

Alguns sistemas são projetados para deixar passar uma determinada gama de frequências sem realizar uma distorção significativa enquanto eliminam ou atenuam outras frequências. Estes sistemas designam-se por filtros de frequência seletiva. Por definição, um filtro de frequência seletiva satisfaz os requisitos para uma resposta sem distorção numa ou mais gamas de frequência e possuem uma resposta zero às restantes frequências. Por exemplo, um filtro digital ideal passa-banda é definido pela equação:

$$H_{lp}(e^{j\omega}) = \begin{cases} e^{-j\omega m_d}, & |\omega| < \omega_c \\ 0, & \omega_c < |\omega| \leq \pi \end{cases}$$

Figura 26 - Filtro digital passa-banda [49]

Considerando que  $H(e^{j\omega})$  é um sinal periódico com  $T= 2\pi$  radianos, podemos concluir que as baixas frequências possuem  $w=0$  e as altas frequências são aproximadamente  $w = \pi$  radianos.

Os parâmetros  $\omega$  e  $\omega_u$  limitam a banda passante e são designados, respectivamente, por frequência de corte baixa e frequência de corte alta. A largura de banda do filtro é definida de acordo com a banda passante na parte positiva do eixo das frequências e é calculada por  $\omega = \omega_u - \omega$ . Um filtro passa-baixo ideal é definido por  $\omega = 0$ , enquanto que um filtro passa-alto ideal possui  $\omega_u = \pi$ .

### 3.3.4. Filtros digitais

Uma forma de classificação dos filtros digitais é com base nas características das suas respostas impulsivas. Para um filtro FIR (*Finite Impulse Response*),  $h(n)$  é composto por um número finito de valores diferentes de zero. Para obter uma resposta infinita a um impulso na entrada, o filtro IIR (*Infinite Impulse Response*) deve conter *feedback* que garanta a saída à medida que a entrada desaparece. A presença de *feedback* requer um maior cuidado com a estabilidade do filtro.

Existem dois requisitos importantes na utilização de filtros digitais: a estabilidade e a resposta de fase linear. Os filtros FIR podem facilmente preencher estes requisitos, porque são estáveis (não possuem pólos fora da origem), e a sua resposta de fase linear pode ser obtida impondo que os coeficientes da resposta impulsional sejam simétricos em torno do seu ponto médio [51].



### 3.3.5. Suavização do sinal

A suavização do sinal é um processo de filtragem que visa a redução de oscilações e ruído presentes no sinal. Existem diversos métodos que permitem atenuar o sinal, sendo que o mais comum é o filtro de médias móvel. Este tipo de filtros é muito utilizado em DSP's (*Digital Signal Processors*) devido à sua facilidade de compreensão e uso [52].

O efeito de um filtro de médias móvel é semelhante ao realizado por um filtro passa-baixo, pois preserva as frequências abaixo de uma dada frequência de corte e atenua o resto do sinal. A sua implementação consiste na definição de uma janela de L pontos e realização de uma média dos L pontos vizinhos da posição atual do sinal de entrada. A utilização de um filtro de médias centralizado, ou seja, que utiliza os  $\frac{L}{2}$  pontos subjacentes e os  $\frac{L}{2}$  pontos adjacentes à posição atual, permite evitar o atraso do sinal mantendo originalidade do sinal mesmo após a suavização e pode ser definido pela seguinte expressão:

$$y[i] = \frac{1}{L} \sum_{k=-L/2}^{L/2-1} x[n - k]$$

O valor de L define o grau de suavização do sinal e, conseqüentemente, a filtragem realizada. Quanto maior for a janela, menor será a frequência de corte e maior será o atraso de fase [53].

## 3.4. Implementação

Esta secção visa a realização de uma descrição detalhada do método de implementação adotado para o processamento de dados. Com recurso à utilização de fluxogramas serão explicadas todas as funções consideradas necessárias para um tratamento de dados correto.

## Fotopletismografia

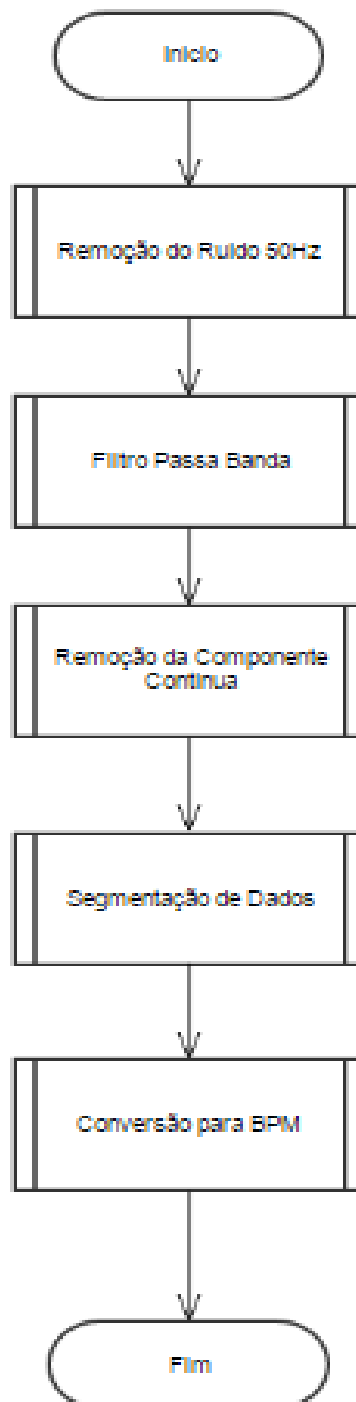


Figura 27 - Fluxograma ilustrativo do processamento dos dados do sensor de fotopletismografia

A análise do sinal de fotopletismografia visa a extração do ritmo cardíaco do utilizador. O sensor é colocado no dedo indicador da mão esquerda da criança. Após a recolha dos dados estes são filtrados, pois existem diversos

fatores que no momento da aquisição causam ruído no sinal. O ruído mais significativo é o ruído de 50Hz proveniente do sistema eletrônico. Em alguns casos, este ruído pode ser considerável. A eliminação do ruído de 50 Hz é realizada recorrendo à aplicação de um filtro *stopband* em torno da frequência dos 50Hz.

De seguida, deverá ser aplicado um filtro passa-banda entre as frequências 0,4 e 0,8Hz para apenas considerar as frequências nas quais se encontra o batimento cardíaco do ser humano [54]. Uma vez filtrados os dados e removidas as frequências fora da zona de interesse da aplicação, é retirada a componente contínua do sinal, ou seja, o ponto médio do sinal passa a ser zero. Esta última função irá ser útil na deteção dos picos do sinal de fotopletismografia.

A conversão dos dados de PPG em BPM (batimentos por minuto) pode ser obtida de duas formas distintas: pela aplicação de uma FFT ou pela análise do intervalo de tempo em que ocorrem os picos do sinal [54].

A FFT é a responsável pela conversão do sinal do domínio dos tempos para o domínio das frequências. Para determinar a frequência de um sinal de fotopletismografia deve ser calculada a FFT. Uma vez obtido o espectro de frequência do sinal, a frequência cardíaca do utilizador pode ser calculada através da expressão:

$$Frequência\ cardíaca = frequência \times 60$$

Para calcular a frequência cardíaca considerando o sinal no domínio dos tempos é necessário contar o número de picos existentes no sinal e dividir pelo intervalo de tempo em que estes ocorreram. O processo de conversão dos dados de fotopletismografia para frequência cardíaca (BPM) adotado consiste na análise do sinal no domínio dos tempos e pode ser calculado recorrendo à seguinte expressão:

$$Frequência\ cardíaca = \frac{60 \times f_s}{t - t_1}$$

Onde  $f_s$  representa a frequência de amostragem do sinal adquirido e  $t-t_1$  o intervalo de tempo em que ocorreram os picos, sendo que  $t$  refere-se ao pico atual e  $t_1$  ao pico anterior.

A frequência cardíaca de um ser humano adulto em repouso encontra-se entre os 60 e 100 batimentos por minuto. No caso de uma criança de 5 ou 6 anos os valores padrão são mais altos e variam entre os 80 e os 140 bpm [55].

Em suma o algoritmo implementado pode ser sumarizado nos seguintes passos:

- (i) Remover ruído de 50Hz e utilização de um filtro passa-banda para obter apenas a informação relativa à gama de frequências requerida pela aplicação;
- (ii) Segmentar o sinal e calcular o valor do máximo da janela definida;
- (iii) Utilizar um filtro *threshold* para considerar todos os picos cuja magnitude é maior ou igual a  $0,5 \times \text{máximo local}$ ;
- (iv) Uma vez encontrados todos os picos, aplicar a fórmula de conversão de dados anteriormente mencionada [56].

## Temperatura da pele

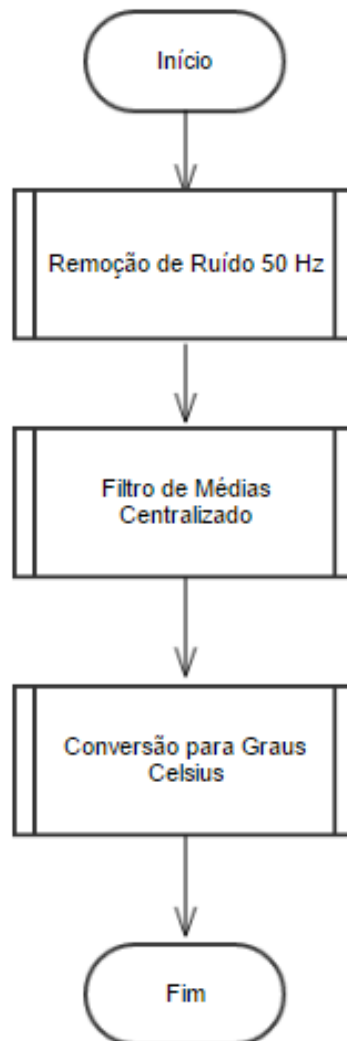


Figura 28 - Algoritmo utilizado no processamento do sinal de temperatura

O processamento do sinal de temperatura é um procedimento relativamente simples. Inicialmente é removido o ruído de 50Hz possibilitando assim a leitura correta do sinal de temperatura do utilizador. A filtragem do sinal é realizada através da utilização de um filtro de médias centralizado. Este deverá realizar a suavização do sinal, permitindo a redução do número de amostras e evidenciando os valores mais significativos para a consequente extração do vetor de características.

A *plux* fornece uma fórmula que efetua a conversão dos dados recolhidos para Kelvin. A utilização dos dados de temperatura nesta unidade permite uma melhor interpretação, sendo que a expressão que realiza conversão dos dados é a seguinte [57]:

$$T(^{\circ}\text{K}) = \frac{1}{a_0 + a_1 \ln(R_{\text{NTC}}) + a_2 [\ln(R_{\text{NTC}})]^3}$$

Em que:

$$a_0 = 1,46986244 \times e^{-3}$$

$$a_1 = 2.37806986 \times e^{-4}$$

$$a_3 = 1.05172464 \times e^{-7}$$

No entanto, é mais intuitiva a utilização dos valores da temperatura em graus Celsius. A conversão de kelvin para Celsius é dada pela seguinte expressão [57]:

$$T(^{\circ}\text{C}) = T(^{\circ}\text{K}) - 273,15$$

Considerando que o sensor de temperatura foi colocado sobre a mão da criança esses valores de temperatura tendem a ser mais baixos, sendo que as temperaturas verificadas rondam os 30 a 34 graus celsius.

## Acelerometria

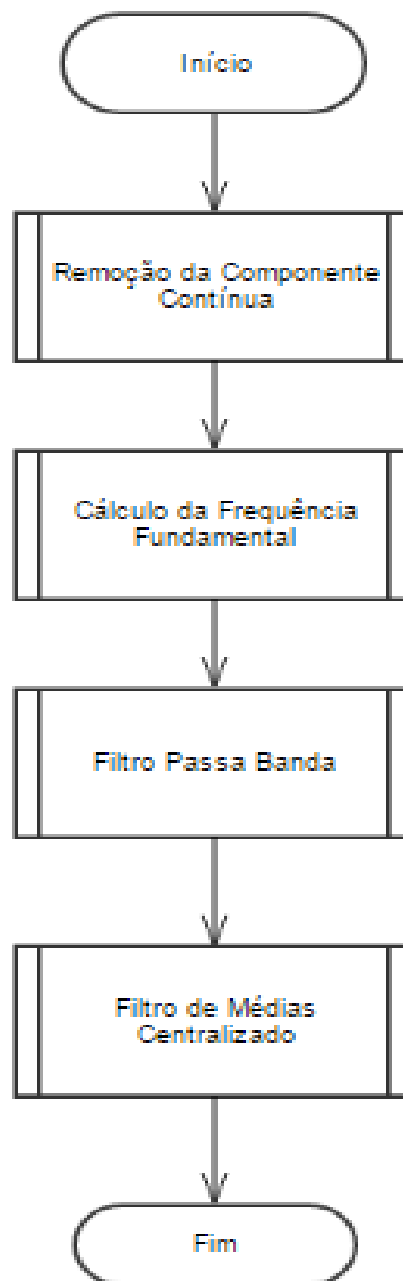


Figura 29 - Algoritmo para extração dos valores de acelerometria do utilizador

O sinal de acelerometria é composto por duas componentes: estática e dinâmica. A componente estática representa a aceleração gravítica do corpo e a dinâmica refere-se à aceleração causada pelo movimento do corpo. No caso do procedimento realizado foi pedido à criança para evitar mexer a mão, daí que caso hajam movimentos estes serão lentos e bastante reduzidos.

Tendo em conta que 99% da energia do sinal se encontra abaixo dos 15Hz, as frequências acima desse valor foram consideradas desprezáveis. Para eliminar essas frequências do sinal deverá ser aplicado um filtro passa-baixo.

O sinal obtido pelo sistema de aquisição encontra-se representado no domínio dos tempos. Para efetuar a filtragem do sinal de forma precisa é necessário realizar a conversão do sinal para o domínio das frequências. Esta conversão pode ser realizada através da aplicação de uma transformada de Fourier.

Como referido anteriormente, a função FFT decompõe o sinal amostrado no tempo numa soma infinita de sinusóides cuja frequência é conhecida. A frequência dominante no sinal é aquela que possui maior amplitude no espectro de frequências.

Para efetuar a análise da componente dinâmica do movimento separadamente da componente estática, deve ser aplicado um filtro passa-alto com a frequência de corte igual á frequência dominante. O filtro passa-alto irá remover a aceleração gravítica do sinal resultando apenas o movimento relativo à aceleração do corpo. Caso se pretenda analisar a aceleração gravítica do corpo, o procedimento a aplicar é semelhante, apenas diferindo no tipo de filtro a aplicar. Neste caso, deverá ser utilizado um filtro passa-baixo.

No âmbito desta dissertação o sensor de acelerometria é utilizado para possibilitar a deteção de tremores que possam resultar da situação de *stress*, logo apenas são considerados os movimentos resultantes da aceleração do corpo, ou seja, é necessária a aplicação de um filtro passa-alto. Para otimizar o código foi aplicado um filtro passa-banda limitando a frequência do sinal à gama de frequências entre a frequência fundamental e os 15Hz.

Uma vez obtido o movimento relativo à aceleração do corpo será realizada a suavização do sinal através da utilização de um filtro de médias centralizado. Este filtro reduzirá qualquer ruído que ainda possa estar



associado ao sinal e permite obter uma tendência de movimento do utilizador tanto na situação padrão como na situação de *stress*.

### Condutividade da pele

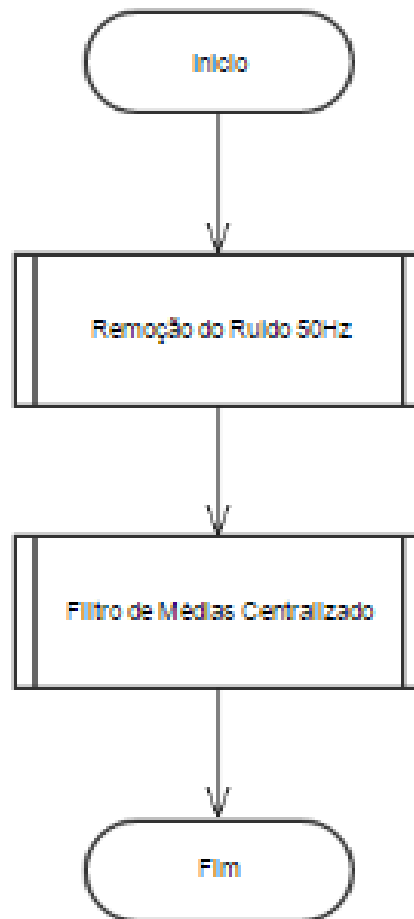


Figura 30 - Algoritmo para cálculo da condutividade dermoelétrica

O sensor de condutividade dermoelétrica é um dos melhores indicadores de uma situação de *stress* não só pela deteção de uma resposta corporal imediata, mas também por se tratar de um sensor cujo pré-processamento se revela bastante simples.

Para este sensor apenas é necessário filtrar o sinal obtido na recolha de dados. Realiza-se a remoção do ruído de 50Hz e posteriormente é aplicado o filtro de médias centralizado garantindo assim a completa eliminação do ruído.



## 4. Análise do processamento de dados

O presente capítulo descreve todo o procedimento adotado na fase de recolha de dados. Após a aquisição das informações biométricas foi extraída a matriz de características de vários utilizadores recorrendo aos algoritmos de processamento de sinal mencionados no capítulo anterior.

O modelo de classificação escolhido para a criação do perfil biométrico foi o SVM, pois de acordo com a informação pesquisada este é o classificador mais indicado e que apresenta maiores níveis de precisão.

### 4.1. Cenário de recolha de dados

A definição de um procedimento para a recolha de dados é algo complexo que exige uma preparação cuidada e conhecimento específico. Em parceria com a Escola de Psicologia da Universidade do Minho foi definido um procedimento experimental visando a deteção de *stress* em crianças.

Sabendo à partida que a metodologia a implementar não poderia envolver uma elevada carga emocional para a criança, foi então acordada uma metodologia capaz de induzir uma ligeira quantidade de *stress* na criança, comprovando assim que as variáveis indicadas são, efetivamente, indicadoras de *stress* e que permitem o desenvolvimento de um sistema não intrusivo para a criança.

Todo o procedimento foi desenvolvido num ambiente controlado, uma vez que a interação com pessoas externas à recolha de dados poderia influenciar os resultados obtidos. Os participantes foram sujeitas às mesmas condições de avaliação.

O cenário de recolha de dados adotado é composto por duas fases:

- **Primeira fase:** tem como objetivo definir o padrão biométrico típico da criança;
- **Segunda fase:** pretende definir a resposta fisiológica da criança quando exposta a um agente causador de *stress*;

Concluída a fase de recolha, segue-se o processamento dos dados e consequente extração das características desejadas. Os dados serão analisados de acordo com as duas perspetivas: análise de *stress* e autenticação de dados.

Uma análise biométrica dos dados consiste na definição de um padrão biométrico considerando todas as características recolhidas da criança enquanto esta não se encontra sujeita a uma situação de *stress*. Este modo de análise tem como objetivo possibilitar a autenticação da criança perante o sistema com base no conjunto de dados que compõem o seu perfil biométrico.

Segundo a perspetiva de análise de *stress*, o processamento de dados relaciona todas as variáveis recolhidas nas duas fases do procedimento, pois o que se pretende é verificar quais os fatores que influenciam o *stress* e quantificar de que forma este afeta cada indivíduo.

### 4.1.1. Descrição do procedimento

A definição do procedimento para a recolha de dados foi baseada no pressuposto de que a tecnologia resultante deveria possuir as seguintes características:

- **Fácil integração em qualquer sistema tecnológico:** Para garantir esta característica foram utilizados sensores de pequenas dimensões que utilizam a tecnologia de comunicação *Bluetooth*. Este é um modo de transmissão bastante utilizado e devidamente normalizado pelo que se torna

bastante fácil encontrar informação sobre o seu funcionamento e características;

- **Não intrusivo e de fácil manuseamento:** Sabendo que o público-alvo desta tecnologia são as crianças existe a necessidade de desenvolver um sistema de recolha de dados que não seja intrusivo e de preferência *wearable* (dispositivos móveis que podem ser facilmente integrados no vestuário do utilizador) garantindo assim a correta utilização por parte do seu utilizador.

Como foi referido anteriormente, o procedimento adotado utiliza sensores de acelerometria, condutividade dermoelétrica, fotopleletismografia e temperatura. A utilização destes sensores visa a deteção de alterações significativas ou, no caso do acelerómetro, a deteção de tremores decorrentes de uma situação de *stress*.

### Primeira fase

Esta primeira fase visa a realização de uma pequena tarefa que possibilite o registo dos valores de referência da criança. Uma vez que pretendemos obter os dados relativos à criança no seu quotidiano, deveria ser proposta uma tarefa relativamente longa e em que a criança não sentisse qualquer tipo de pressão externa.

Foi proposto à criança que, recorrendo à utilização de tintas guache, realizasse um desenho sobre algo do seu gosto.



Figura 31 -Alguns exemplos dos desenhos realizados

Os resultados esperados desta primeira fase apontavam para que inicialmente a criança apresentasse os níveis de *stress* ligeiramente alterados, pois a colocação dos sensores na mão da criança poderiam criar uma ligeira sensação de ansiedade. No entanto à medida que a criança fosse desenhando esses valores tenderiam para os valores normais, pois com o passar o tempo, a criança habituar-se-ia à presença dos sensores.

O tempo de execução desta tarefa não foi o mesmo para todas as crianças, pois uma vez que o objetivo era que a criança se concentrasse apenas no desenho sem qualquer tipo de indicação ou pressão externa foi definido que a criança poderia demorar o tempo que considerasse necessário.

Quando a criança indica que terminou o desenho os sensores são desligados e prepara-se a segunda fase de recolha de dados.

## Segunda fase

Esta fase visa a deteção de *stress*. Para tal, a criança deverá ser estimulada por uma atividade capaz de induzir uma pequena carga de *stress*.

A tarefa proposta consiste num jogo de computador composto por vários níveis. Trata-se de um jogo de memória, em que a criança deverá encontrar as cartas iguais existentes no ecrã. O jogo é cronometrado e à medida que o nível vai aumentando, maior será o número de cartas disponíveis. Todos os participantes são submetidos às mesmas condições de jogo. Caso o jogador perca, terá direito a mais duas tentativas para jogar.

Para jogar a criança deverá utilizar o rato do computador. Como algumas crianças possuíam dificuldades na utilização do rato, antes de iniciar o jogo, eram realizados uns pequenos exercícios para que estas aprendessem a utilizá-lo e para que todas as crianças pudessem ser avaliadas sob as mesmas condições.

### 4.1.2. Caracterização da população

Da concretização do procedimento resultou a recolha de amostras relativas a 20 crianças. No entanto, apenas 11 participantes foram considerados válidos para integrar a avaliação do modelo. A população analisada possui idades compreendidas entre os 5 e 6 anos. Todos os participantes foram sujeitos ao mesmo ambiente experimental. É de salientar ainda que todas as crianças que participaram no procedimento eram destros.

## 4.2. Classificação de dados

Uma vez recolhidos e processados os dados a próxima etapa é a realização da classificação das amostras. Para definir a autenticidade e o estado de *stress* do utilizador é necessária a escolha de um algoritmo de classificação. Por ser bastante utilizado em aplicações de reconhecimento de padrão e conhecido por obter os melhores resultados em comparação com as restantes abordagens, o algoritmo escolhido foi o SVM.

Um classificador é responsável pela comparação entre o perfil biométrico do utilizador armazenado em base de dados com o novo conjunto de dados, previamente processado de forma a obter a matriz de características associado às amostras recolhidas.

Nesta secção serão explicados todos os procedimentos adotados para a concretização desta fase tanto na deteção de *stress* como na definição de um padrão de autenticação.

### 4.2.1. Construção da base de dados

Para treinar o classificador tem de ser criada uma *template* com as amostras relativas ao perfil biométrico do utilizador.

No âmbito desta dissertação cada utilizador deverá possuir duas *templates* associadas ao seu perfil. A primeira para realizar a autenticação do utilizador perante o sistema e a segunda para efetuar a deteção do padrão de *stress* do indivíduo.

A cada vetor de características do utilizador deverá ser acrescentado um atributo denominado de classe classificado como "padrão" ou "*stress*" no caso da análise de *stress* e "válido" ou "inválido" no caso da autenticação do utilizador.



Como referido anteriormente, será com base na análise deste atributo que o algoritmo SVM vai construir um modelo que permite criar um hiperplano capaz de separar as amostras de acordo com a classe a que pertence o novo conjunto de dados do utilizador.

Após o processamento dos dados, as amostras são armazenadas num ficheiro .csv, que contém os dados de acelerometria, temperatura, fotopleitismografia e condutividade dermoelétrica do utilizador.

#### 4.2.1.1. Detecção de stress

O método de construção das *templates* utilizadas para a deteção de *stress* encontra-se representada na imagem que se segue.

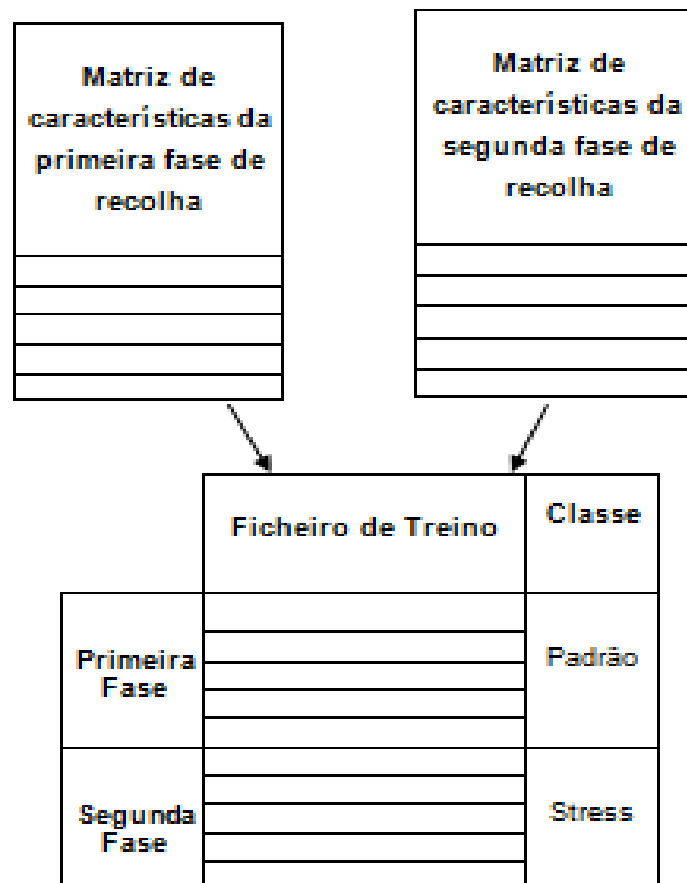


Figura 32 - Construção da template para análise de stress

### **Matriz de características**

Após terem sido removidos o ruído presente no sinal e as amostras inválidas que pudessem integrar os dados recolhidos foram construídas duas matrizes de características para cada indivíduo com os dados resultantes das duas fases de recolha de dados.

As matrizes de características tanto da primeira como da segunda fase possuem a listagem dos vetores de características resultantes do processamento. As amostras foram recolhidas com uma frequência de amostragem de 1000Hz, ou seja, foi recolhida uma amostra por milissegundo. Para evitar a redundância de dados após a suavização do sinal foram recolhidas as amostras de 8 em 8 segundos. As amostras recolhidas são, como mencionado anteriormente, uma média das amostras vizinhas subjacentes e adjacentes à posição atual, daí que embora se tenha reduzido o número de amostras, a informação que elas continham manteve-se intacta. A escolha do período de amostragem foi um valor compromisso definido tendo em conta o tipo de dados que foram analisados. Por exemplo, na análise dos valores de temperatura poderia ser utilizado um período de amostragem superior no entanto para o acelerómetro mais do que 8 segundos já seria um intervalo de tempo em que se poderia perder muita informação.

### **Ficheiro de treino**

Para a construção do ficheiro de treino foi acrescentado um atributo às matrizes de características da primeira e segunda fase de recolha. Na matriz da primeira fase o atributo "classe" foi preenchido com a classificação "padrão" e à matriz da segunda fase de recolha foi atribuída a classe "stress".

O ficheiro de treino é um aglomerado de ambas as matrizes com o mesmo número de amostras para cada uma das classes. Uma vez que durante a recolha de dados a duração da experiência não era predefinida, variava de

acordo com a criança, foram eliminadas as últimas amostras da matriz de características com maior número de amostras.

#### 4.2.1.2. Autenticação

A imagem abaixo representa as escolhas realizadas para o processo de construção da *template* do ficheiro de treino de autenticação do utilizador.

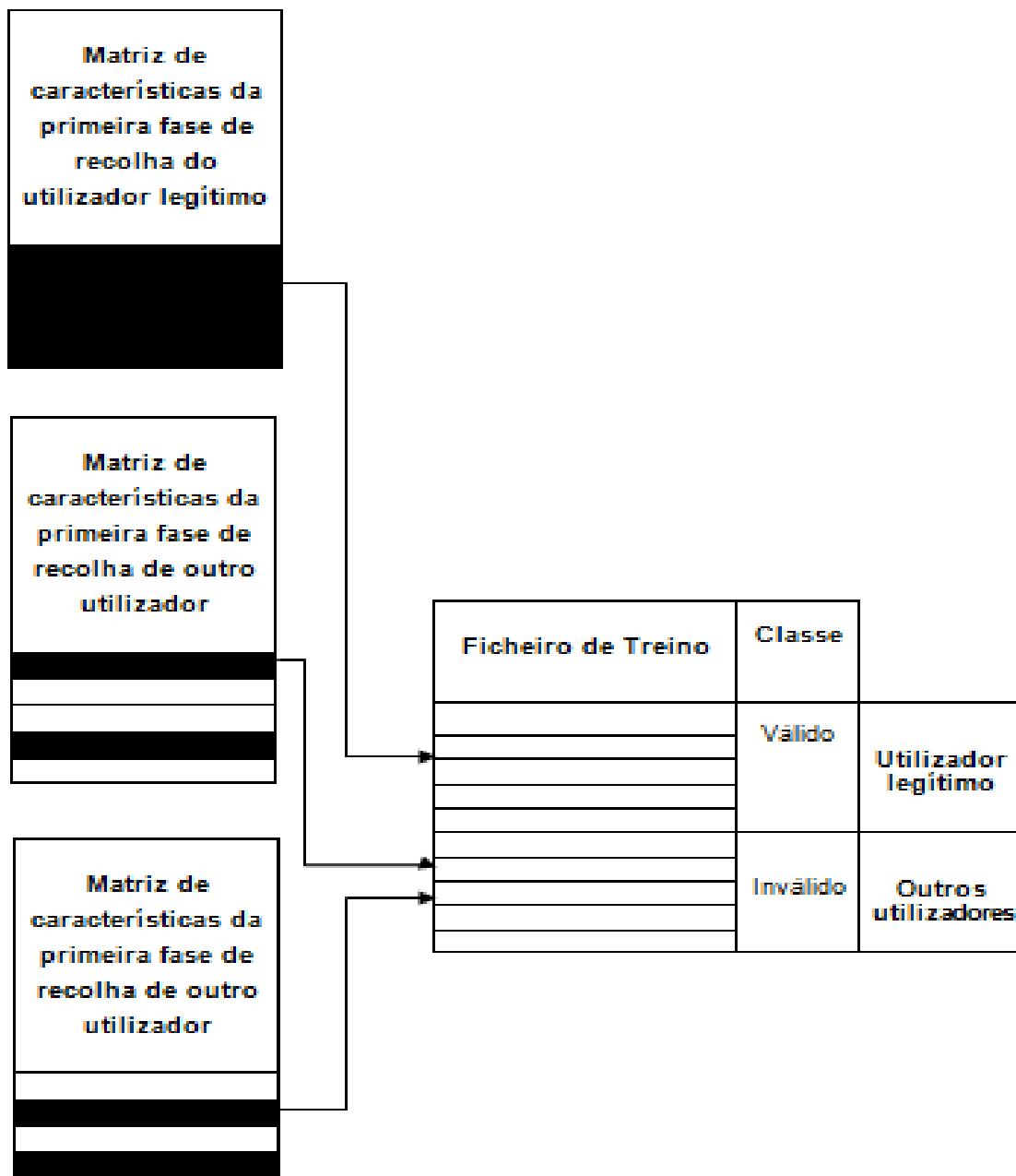


Figura 33 - Construção da template para autenticação do utilizador

### **Matriz de características**

As matrizes de características utilizadas para a construção do ficheiro de treino resultaram do processamento dos dados da primeira fase da recolha de dados. São as mesmas matrizes que foram utilizadas na construção do ficheiro de treino para a deteção de *stress*.

### **Ficheiro de treino**

Tal como na construção do ficheiro para a deteção de *stress* foi acrescentado um atributo denominado classe às matrizes de características. Este atributo possui dois níveis: válido e inválido. As amostras com a designação de válidas são aquelas que pertencem à matriz de características do utilizador legítimo e as inválidas correspondem a matrizes de outros utilizadores. O ficheiro de treino foi balanceado de forma a possuir o mesmo número de amostras válidas e inválidas.

A seleção das amostras inválidas foi realizada de forma aleatória. Entre os onze participantes considerados, foram escolhidas amostras aleatórias até perfazer o mesmo número que a quantidade de amostras válidas.

## **4.2.2. Parâmetros de classificação**

Uma classificação SVM é definida pelo tipo, o *kernel* e os parâmetros associados a essa classificação.

Uma vez que o objetivo desta dissertação é efetuar o reconhecimento de padrão foi utilizado um algoritmo SVM do tipo de classificação. A função *kernel* calcula o produto escalar entre dois vetores  $x$  e  $x_0$  num dado mapa de características  $\Phi : X \rightarrow H$ . Na biblioteca "*kernelab*" os *kernels* são objetos S4 da classe *kernel* que podem ser ajustados de acordo com um conjunto de

hiperparâmetros. A tabela abaixo apresentada enumera todos os tipos de kernel implementados pela package kernlab [58].

Kernel	Função	Aplicação
Linear ( <i>vanilladot</i> )	$k(x, x') = \langle x, x' \rangle$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Processamento de grandes vetores de dados como por exemplo, na categorização de texto.</li> </ul>
Radial gaussiano ( <i>rbfdot</i> )	$k(x, x') = \exp(-\sigma \ x - x'\ ^2)$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Propósito geral;</li> </ul>
Polinomial ( <i>polydot</i> )	$k(x, x') = (\text{scale} \cdot \langle x, x' \rangle + \text{offset})^{\text{degree}}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Classificação de imagens</li> </ul>
Tangente hiperbólica ( <i>tanhdot</i> )	$k(x, x') = \tanh(\text{scale} \cdot \langle x, x' \rangle + \text{offset})$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizado como <i>proxy</i> para redes neurais.</li> </ul>
Bessel ( <i>besseldot</i> )	$k(x, x') = \frac{\text{Bessel}_{(\nu+1)}^n(\sigma \ x - x'\ )}{(\ x - x'\ )^{-n(\nu+1)}}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kernel de propósito geral</li> </ul>
Radial laplaciano ( <i>laplacedot</i> )	$k(x, x') = \exp(-\sigma \ x - x'\ )$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kernel de propósito geral</li> </ul>
Radial ANOVA ( <i>anovadot</i> )	$k(x, x') = \left( \sum_{k=1}^n \exp(-\sigma(x^k - x'^k)^2) \right)^d$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problemas de regressão multidimensional</li> </ul>

Tabela 5 - Tipos de Kernel implementados na package *Kernlab* [58]

O *kernel* escolhido para a implementação do modelo SVM foi o radial gaussiano. O hiperparâmetro associado a este tipo de *kernel* é o sigma. Os resultados de um classificador SVM variam bastante com a alteração dos parâmetros, daí que um ajuste dos mesmos possa ser crucial para aumentar a precisão do sistema. Os valores associados aos parâmetros variam de acordo com as *templates* utilizadas no sistema.

Para encontrar o melhor valor para o sigma foi utilizado o comando *sigest* da biblioteca '*kernlab*'. Este comando fornece uma gama de valores para o hiperparâmetro no caso do *kernel* radial gaussiano. A estimação do valor é

baseada na matriz de dados utilizada para treino. A sintaxe utilizada neste comando é a seguinte:

```
• sigest(x, data=NULL, frac = 0.5, na.action = na.omit, scaled = TRUE)
```

A figura abaixo ilustrada representa o resultado obtido quando invocado este comando durante o teste de uma das amostras.

```
> srange <- sigest(classe~., data = stress_treino11)
> srange
      90%      50%      10%
0.09140065 0.26194991 2.10338169
```

Figura 34 - Melhores parâmetros para o modelo classificação dos dados definido

### 4.2.3. Treino

Para criar o modelo SVM foi aplicado o comando `ksvm` da *package* *'kernlab'* aplicando os parâmetros obtidos após utilização do comando *sigest*.

```
• ksvm(x, y = NULL, scaled = TRUE, type = NULL, ksvm 55 kernel = "rbfdot", kpar = "automatic", C = 1, nu = 0.2, epsilon = 0.1, prob.model = FALSE, class.weights = NULL, cross = 0, fit = TRUE, cache = 40, tol = 0.001, shrinking = TRUE, ..., subset, na.action = na.omit)
```

No caso do kernel utilizado o parâmetro *kpar* de acordo com o resultado obtido pela aplicação do comando *sigest*.

```
• ksvm(classe ~ ., data = stress_treino11, type='C-svc', kernel = "rbfdot", kpar = list(sigma = s), C = 60, cross = 5, prob.model = TRUE)
```

A figura 38 os atributos que caracterizam o modelo SVM utilizado.

```
Support Vector Machine object of class "ksvm"

SV type: C-svc (classification)
parameter : cost C = 60

Gaussian Radial Basis kernel function.
Hyperparameter : sigma = 0.261949908503497

Number of Support Vectors : 9

Objective Function Value : -3.2891
Training error : 0
Cross validation error : 0
Probability model included.
```

Figura 35 - Modelo SVM utilizado

#### 4.2.4. Teste

O teste é a última etapa do processo de classificação de dados. Para testar o modelo criado foram utilizadas as amostras de um ficheiro de teste. A construção do ficheiro de teste seguiu o mesmo procedimento que o ficheiro de treino. O procedimento explicado anteriormente serviu de base para a construção tanto dos ficheiros de treino como de teste, pois foi aplicado a todas as amostras da base de dados, uma metade dos dados foram utilizados para treino e a restante metade para teste. Recorrendo às funções disponibilizadas para biblioteca '*kernlab*', é possível encontrar o comando `predict` responsável por efetuar o teste do modelo SVM desenvolvido:

```
• predict(object, newdata, type = "response", coupler = "minpair")
```

Após a aplicação do comando mencionado, é obtida uma matriz com os resultados que em que o modelo fez a previsão correta e os casos em que o

modelo SVM falhou na classificação. Esta matriz é denominada por matriz de confusão e permite definir a precisão do modelo criado.

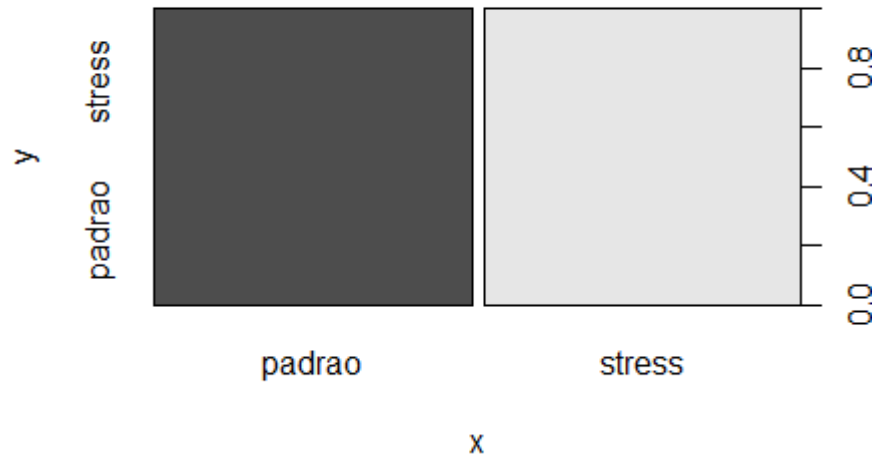


Figura 36 - Gráfico resultante do teste de um dos utilizadores



## 5. Análise de resultados

O modelo desenvolvido permite estudar a deteção de *stress* e autenticação do utilizador. Para avaliar a robustez do sistema foi realizada uma análise detalhada dos resultados obtidos durante o processo de classificação de dados.

Neste capítulo serão apresentados os dados obtidos e todos os conceitos necessários à compreensão dos testes realizados ao modelo construído. A avaliação de um classificador é tipicamente realizada através da construção de uma matriz de confusão organizada de acordo com os parâmetros indicados na tabela que se segue.

		Classe verdadeira	
		Verdadeiro	Falso
Classe prevista	Positivo	Verdadeiro positivo (VP)	Falso Positivo (FP)
	Negativo	Falso Negativo (FN)	Verdadeiro negativo (VN)

Tabela 6 - Matriz de confusão

As linhas representam a previsão da classe a que pertence a informação e as colunas representam a classe verdadeira. Na matriz de confusão VP representa o número de exemplos verdadeiros classificados como positivos ou corretos e FP é o número de exemplos que foram erradamente classificados como verdadeiros. FN caracteriza o número de amostras erradamente classificadas como falsas e, por fim, VN representa o número de exemplos falsos corretamente classificados [59].

## Precisão

Um dos parâmetros de avaliação de desempenho de *machine learning* mais utilizados é a precisão. Esta é definida de acordo com a seguinte expressão:

$$\text{Precisão} = \frac{VP + VN}{VP + FP + VN + FN}$$

A principal vantagem da utilização desta medida é a facilidade de interpretação do resultado.

A precisão do sistema pode ser afetada caso os dados do ficheiro de treino estejam desequilibrados e/ou os custos dos vários erros variem acentuadamente, o que é muito comum na análise de sinais biológicos.

Para obter a taxa de erros do sistema basta subtrair a um o valor da precisão.

## Sensibilidade e especificidade

A especificidade e a sensibilidade representam o resultado individual de cada classe. A sensibilidade é a razão entre as classificações corretas da classe positiva sobre o total de positivas.

$$\text{Sensibilidade} = \frac{VP}{VP + FN}$$

A especificidade é a razão entre os verdadeiros negativos sobre todas as classificações negativas.

$$\text{Especificidade} = \frac{VN}{VN + FP}$$

## Curva ROC

A curva ROC (*Characteristic Receiver Operating*) é uma técnica normalizada que resume o desempenho do classificador através da comparação entre as percentagens de verdadeiros positivos e falsos positivos. Analisando os dados desta técnica é possível definir um valor de AUC (*Area Under the Curve*) [59]. Esta é uma medida escalar simples que representa uma avaliação de desempenho bastante utilizada no processo de classificação de dados.

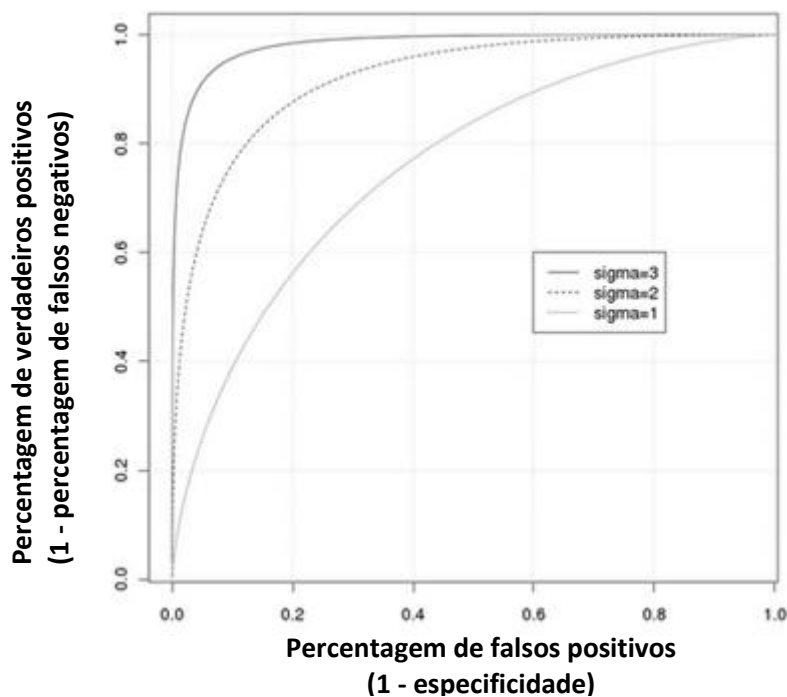


Figura 37 - Exemplo de uma curva ROC adaptado de [60]

As curvas ROC representam a melhor decisão da família de limites para custos relativos de PVP (percentagem de verdadeiros positivos) e PFP (percentagem de falsos positivos). Numa curva ROC o eixo X representa:

$$PFP(\%) = \frac{FP}{VN + FP}$$

E o eixo Y representa:

$$PVP (\%) = \frac{VP}{VP + FN}$$

O ponto ideal de uma curva ROC deveria ser (0,100), o que significaria que todos os exemplos positivos são classificados corretamente e não existem exemplos negativos classificados como positivos.

### 5.1. Detecção de *stress*

Após a classificação dos dados foi definido um modelo de avaliação de resultados de acordo com os fundamentos mencionados anteriormente. Nesta secção serão apresentados o melhor e pior caso obtidos no processo de análise de dados para um *threshold* de 0,5. Os resultados das restantes amostras serão apresentadas no anexo C.

A tabela abaixo indicada representa a matriz de confusão para um *threshold* de 0,5 da amostra que obteve melhor precisão no modelo desenvolvido.

	Verdadeiro	Falso
Positivo	28	0
Negativo	0	28

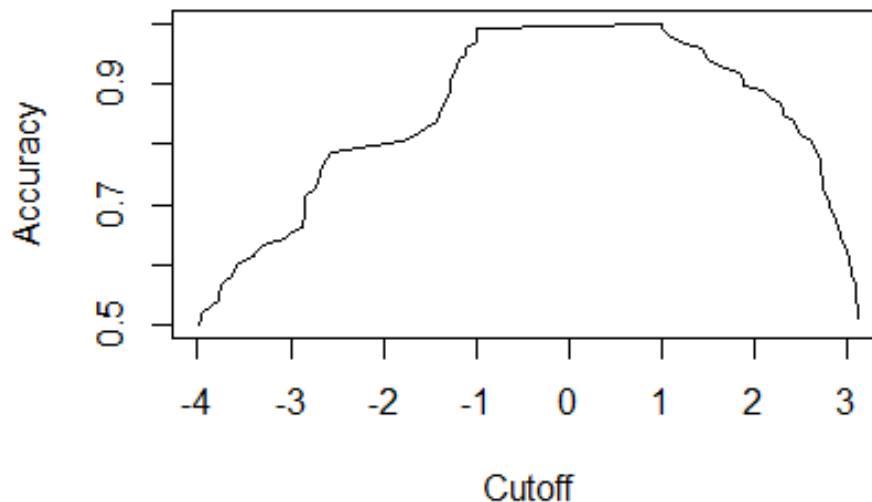
Tabela 7- Matriz de confusão para um *threshold* de 0,5

Pela análise da matriz de confusão indicada acima é possível verificar que o modelo conseguiu distinguir perfeitamente todas as amostras relativas a este indivíduo. A tabela que se segue apresenta de forma sucinta todas as informações que é possível extrair da análise desta matriz.

Parâmetro Avaliado	Valor (%)
Percentagem de falsos positivos	0%
Percentagem de falsos negativos	0%
<b>Precisão</b>	<b>100%</b>

Tabela 8 - Avaliação de resultados para um *threshold* de 0,5

Considerando todos os *thresholds* possíveis, a precisão do modelo definido pode ser descrita segundo o gráfico abaixo representado.

Figura 38 - Precisão do sistema para vários valores de *threshold*

O caso acima indicado descreve um modelo ótimo de classificação de dados em que não existem amostras classificadas de forma errada. No entanto, este é um caso raro neste tipo de sistemas. A amostra que será agora apresentada foi a que obteve a classificação com mais casos erradamente classificados, no entanto, os resultados podem ser considerados satisfatórios.

A tabela abaixo descreve a matriz de confusão obtida para um *threshold* de 0,5 no modelo de detecção de stress.

	Verdadeiro	Falso
Positivo	4	25
Negativo	0	29

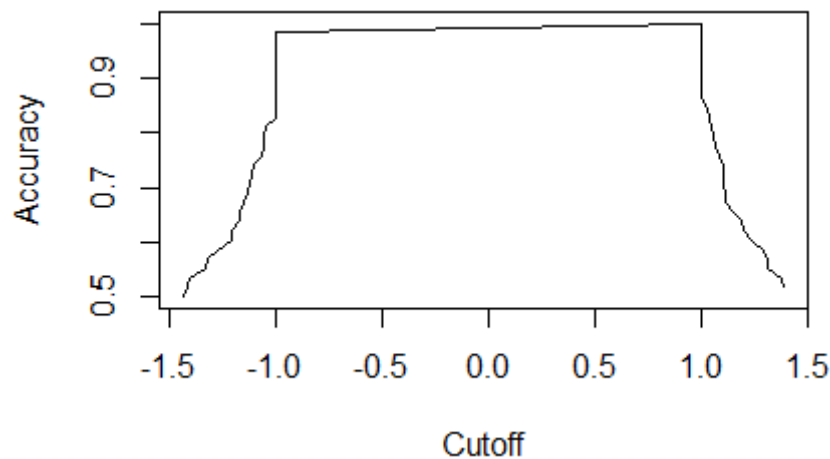
Tabela 9 - Matriz de confusão para um *threshold* de 0,5

A análise dos resultados obtidos para um *threshold* de 0,5 encontram-se apresentados tabela 10.

Parâmetro Avaliado	Valor (%)
Percentagem de falsos positivos	86%
Percentagem de falsos negativos	0%
<b>Precisão</b>	<b>57%</b>

Tabela 10 - Avaliação dos resultados para um *threshold* de 0,5

Considerando vários *thresholds*, o gráfico de precisão do modelo para este utilizador pode ser descrito segundo o seguinte gráfico.

Figura 39 - Precisão para diferentes valores de *threshold*

Na análise apresentada nos dados acima apenas foram utilizados os dados de fotopletismografia, temperatura e condutividade dermoelétrica.

Após realizar a classificação de dados foi possível concluir que a utilização do acelerómetro se encontrava a causar demasiada diferenciação nos dados, viciando os resultados obtidos. Na tabela abaixo encontram-se os resultados obtidos para o indivíduo que obteve uma menor precisão para um *threshold* de 0,5, caso tivesse sido considerado o acelerómetro.

	Verdadeiro	Falso
Positivo	29	0
Negativo	0	29

Tabela 11 - Matriz de confusão para um *threshold* de 0,5

Parâmetro Avaliado	Valor (%)
Percentagem de falsos positivos	0%
Percentagem de falsos negativos	0%
Precisão	100%

Tabela 12 - Avaliação dos resultados para um *threshold* de 0,5

## 5.2. Autenticação do utilizador

Uma vez que na análise para deteção de variações de *stress* foi possível concluir que o acelerómetro se encontrava a viciar os resultados, esta variável também não foi utilizada no processo de análise de verificação de autenticação do utilizador.

Nesta secção serão apresentados os dados que obtiveram melhor e pior precisão para um *threshold* de 0,5. As duas tabelas abaixo representam a matriz de confusão e as estatísticas do modelo definido para o *threshold*

mencionado. Os resultados para todos os utilizadores podem ser consultados no anexo C.

	Verdadeiro	Falso
Positivo	49	0
Negativo	0	49

Tabela 13 - Matriz de confusão para um *threshold* de 0,5

Parâmetro Avaliado	Valor (%)
Percentagem de falsos positivos	0%
Percentagem de falsos negativos	0%
Precisão	100%

Tabela 14 - Avaliação dos resultados para um *threshold* de 0,5

A figura 40 representa a curva de precisão do modelo para diferentes valores de *threshold*.

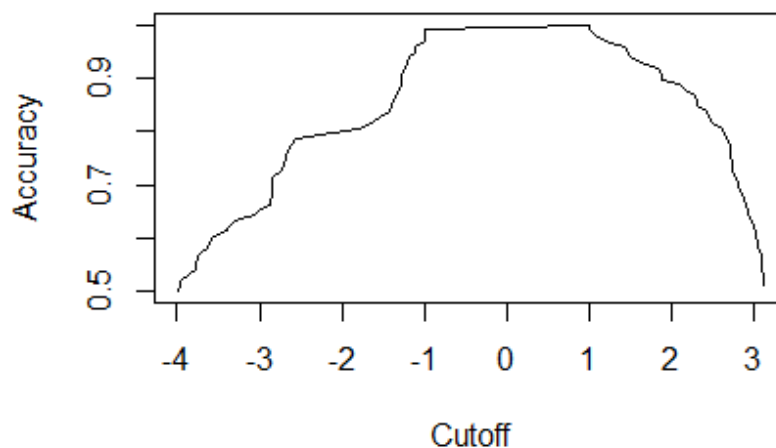


Figura 40 - Precisão para diferentes valores de *threshold*

Como foi possível verificar, tal como na deteção de stress ao fazer a análise dos dados de autenticação também se obtém um modelo com uma boa precisão para um *threshold* de 0,5. O facto de na autenticação também ter sido



obtido uma precisão de 100% significa que as características utilizadas não só servem para o desenvolvimento de um bom modelo de detecção de stress como também podem ser utilizadas na autenticação.

A matriz de confusão representada abaixo apresenta os resultados obtidos para um *threshold* de 0,5 no processo de análise de autenticação.

	Verdadeiro	Falso
Positivo	33	0
Negativo	29	4

Tabela 15 - Matriz de confusão para um *threshold* de 0,5

Parâmetro Avaliado	Valor (%)
Percentagem de falsos positivos	0%
Percentagem de falsos negativos	47%
Precisão	56%

Tabela 16 - Avaliação dos resultados para um *threshold* de 0,5

Através da análise da precisão para diversos valores de *threshold* foi possível traçar o seguinte gráfico.

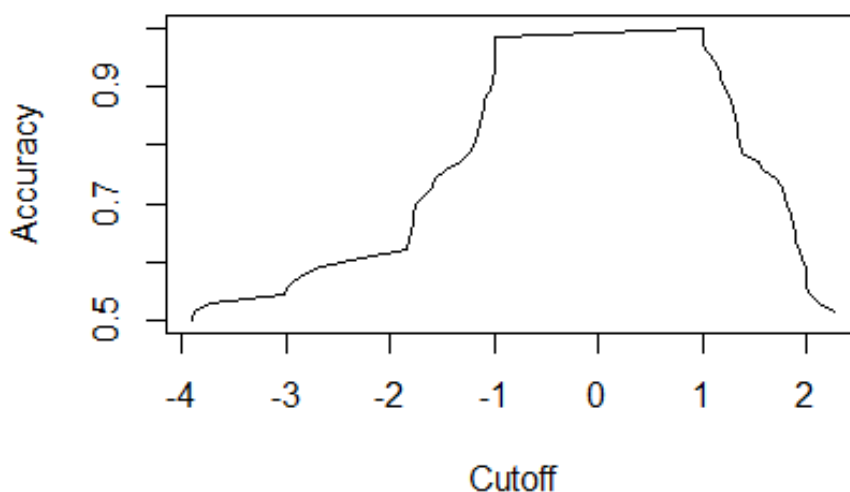


Figura 41 - Precisão para diferentes valores de *threshold*



## 6. Conclusão e Trabalho Futuro

A utilização da *internet* já faz parte do quotidiano da sociedade. Esta tendência veio permitir o aumento da utilização de *smartphones* e consequentemente o aumento do número de aplicações desenvolvidas para estes dispositivos móveis. O crescimento do número de utilizadores a consultarem e partilharem conteúdo na *internet* veio reforçar a necessidade de construção de melhores algoritmos de autenticação. O constante desenvolvimento das redes de sensores tem vindo a permitir o aperfeiçoamento dos mesmos, tornando estes dispositivos mais pequenos, com menor consumo de energia e baixo custo. A utilização de biometrias surge então como uma boa solução para garantir a autenticação do utilizador.

Nesta dissertação é proposta a definição de um modelo biométrico para deteção de variações de *stress*. Após uma extensa revisão bibliográfica, a condutividade dermoelétrica, a temperatura da pele, o ritmo cardíaco e a acelerometria foram consideradas as características que melhor se adequam ao sistema pretendido. A obtenção destes dados foi realizada recorrendo a sensores da empresa portuguesa *plux*. O protocolo de comunicação utilizado por estes sensores é o bluetooth, que por ser um protocolo bastante conhecido e padronizado, facilita a integração desta nova tecnologia em qualquer sistema.

O processo de recolha de dados foi definido em colaboração com a escola de psicologia da universidade do Minho possibilitando assim uma melhor adequação do mesmo à população em causa. Após a obtenção da informação biométrica dos utilizadores foi realizado o processamento de dados recorrendo ao *software Matlab*. Posteriormente, foi utilizado o *software machine learning RStudio* para a efetuar a classificação dos dados obtidos.

A metodologia utilizada para a classificação consistiu na criação de um ficheiro de treino e outro de teste para cada utilizador. Na construção destes ficheiros os dados relativos à primeira fase do processo de recolha de dados foram classificados como padrão e aos dados relativos à segunda fase de

recolha foram designados de *stress*. O algoritmo utilizado para a classificação de dados do utilizador foi o modelo SVM.

Uma vez que os dados obtidos permitem definir um padrão do utilizador também foi realizada uma análise de autenticação através dos dados biométricos recolhidos. Os ficheiros de treino e teste foram então constituídos por amostras do utilizador legítimo classificadas como válidas e de outros utilizadores denominadas inválidas.

Os resultados obtidos são bastante satisfatórios no sentido em que permitem concluir que as variáveis selecionadas para a deteção de stress são de facto bons indicadores e que é realmente possível a criação de um modelo de deteção de stress com base nas mesmas. Na prática, a obtenção de uma precisão de 1, não é muito comum, pois este valor é tido como o valor ótimo de um modelo de classificação de dados. Estes resultados permitem tecer inúmeras considerações, nomeadamente, que os indivíduos que participaram nesta dissertação possuem valores biométricos bastante distintos e que para obter uma maior consistência dos dados seria necessário aumentar o número de amostras por indivíduo assim como o número de indivíduos envolvidos. O modelo SVM é um modelo bastante sofisticado tipicamente utilizado para reconhecimento de padrão e indicado para este tipo de aplicação. No entanto, dada a amplitude dos dados recolhidos poderia ter sido utilizado qualquer outro modelo de classificação.

É possível então concluir que o modelo desenvolvido é fiável no entanto existem diversas tarefas que podem ser executadas no sentido de melhorar o projeto. Como referido no capítulo 5, para obter um perfil biométrico mais completo do utilizador o modelo deveria integrar os dados de acelerometria. Uma vez que estes possuem valores bastante distintos, deveria ser criada uma escala de classificação de movimentos do utilizador, por exemplo, uma indicação se houve ou não tremor por parte do indivíduo. Ao colocar apenas um valor binário na template de dados de acelerometria do utilizador estaríamos a fornecer informação relevante ao classificador e completando a matriz de características do indivíduo.

# Referências

- [1] D. VAN DER HAAR e B. VON SOLMS, “The Poor Man’s Biometric: Identifying Cost-Effective Biometric System Criteria for SMMEs,” em IST-Africa 2014 Conference Proceedings, 2014.
- [2] E. Carlsson, A. Frostell e J. Ludvigsson, “Psychological Stress in Children May Alter the Immune Response,” *The Journal of Immunology*, vol. vol. 192 no. 5, pp. 2071-2081, March 1, 2014.
- [3] A. Jain, R. Bolle e S. Pankanti, *Biometrics: Personal Identification in Networked Society*, Springer Science & Business Media, 2006.
- [4] A. Ross e A. Jain, “Information fusion in biometrics,” em *Pattern recognition letters*, 2003, p. 2115–2125.
- [5] S. Prabhakar, S. Pankati e A. K. Jain, “Biometric recognition: Security and privacy concerns.,” *IEEE Security & Privacy*, 2003, pp. 33-42.
- [6] M. Nappi, V. Piuri, T. Tan e D. Z, “Introduction to the Special Section on Biometric Systems and Applications,” *Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, vol. IEEE Transactions on 44.11, pp. 1457-1460, 2014.
- [7] V. R. LeBlanc, M. M. McConnell e S. D. Monteiro, “Predictable chaos: a review of the effects of emotions on attention, memory and decision making,” *Advances in Health Sciences Education*, vol. 20.1 , pp. 265-282, 2014.
- [8] A. K. Jain e K. Nandakumar, “Biometric Authentication: System Security and User Privacy,” *IEEE Computer* , vol. 45.11, pp. 87-92, 2012.
- [9] L. LONG, “ Biometrics: The Future of Mobile Phones,” 2014.

- 
- [10] U. PATEL, "A Study on Fingerprint (biometrics) Recognition," INTERNATIONAL JOURNAL OF COMPUTER ENGINEERING AND SCIENCES, 2015.
- [11] R. L. ZUNKEL, "Hand geometry based verification," pp. 87-101., 1996.
- [12] S. Liu e M. Silverman, "A Practical Guide to Biometric Security Technology," IT Professional, vol. 3.1 , pp. 27-32, 2001.
- [13] M. N. Uddin, S. Sharmin, A. H. Ahmed, E. Hasan, S. Hossain e Muniruzzaman, "A Survey of Biometrics Security System," IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security, vol. 11.10, 2011.
- [14] Y. Lei, M. Bennamoun, M. Hayat e Y. Guo, "An efficient 3D face recognition approach using local geometrical signatures," Pattern Recognition, vol. 47.2, pp. 509-524, 2014.
- [15] S. A. Carro e R. K. Okabe, "RECONHECIMENTO FACIAL EM IMAGENS CAPTURADAS POR CÂMERAS DIGITAIS DE REDE," Colloquium Exactarum, vol. 7, 2015.
- [16] P. S. Magalhães e H. D. d. Santos, "Biometria e autenticação," 2003.
- [17] D. Usher, T. Yasunari e M. Friedman, "Ocular biometrics: simultaneous capture and analysis of the retina and iris," em Advances in Biometrics, Springer London, 2008.
- [18] K. Saeed, Biometrics Principles and Important Concerns. In Biometrics and Kansei Engineering, New York: Springer, 2012, pp. 3-20.
- [19] V. G. Yogesh e A. Patil, "OFFLINE AND ONLINE SIGNATURE VERIFICATION SYSTEMS: A SURVEY".
- [20] S. H. Khan, Z. Khan e F. Shafait, "Can Signature Biometrics Address Both Identification and Verification Problems?," em Document Analysis and

- Recognition (ICDAR), 12th International Conference on (pp. 981-985).  
IEEE., 2013.
- [21] S. Cho, C. Han, D. H. Han e H.-I. Kim, "Web-Based Keystroke Dynamics Identity Verification Using Neural Network," *Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce*, vol. 10(4), 2000.
- [22] F. Monroe e A. D. Rubin, "Keystroke dynamics as a biometric for authentication.," *Future Generation computer systems*, vol. 16.4, pp. 351-359, 2000.
- [23] D. S. Matovski, M. S. Nixon, S. Mahmoodi e J. N. Carter, "The effect of time on gait recognition performance," *Information Forensics and Security IEEE Transactions*, vol. 7.2, pp. 543-552, 2012.
- [24] R. V. Yampolskiy e V. Govindaraju, "Behavioural biometrics: a survey and classification," *International Journal of Biometrics*, vol. 1.1, pp. 81-113, 2008.
- [25] "<http://www.bitrebels.com/technology/mako-voice-recognition-system/>," [Online].
- [26] J. González-Rodríguez, D. T. Toledano e J. Ortega-García, "Voice biometrics," em *Handbook of biometrics*, Springer US, 2008., pp. 151-170.
- [27] A. K. Jain, A. Ross e S. Prabhakar, "An introduction to biometric recognition," *IEEE Transactions on* 14.1, 2004, pp. 4-20.
- [28] N. Solayappan e S. Latifi, "A Survey of Unimodal Biometric Methods," *Proceedings of the 2006 International Conference on Security and Management*, 2006.
- [29] M. O. Derawi, "Smartphones and Biometrics: Gait and Activity Recognition," 2012.
- [30] F. P. R. Colas, "Data mining scenarios for the discovery of subtypes and

- the comparison of algorithms,” em Leiden Institute of Advanced Computer Science (LIACS), Faculty of Science, Leiden University, 2009.
- [31] T. Howley e M. G. Madden., “The genetic kernel support vector machine: Description and evaluation,” *Artificial Intelligence Review*, Vols. %1 de %224.3-4, pp. 379-395., 2005.
- [32] R. F. F. Nascimento, E. H. d. Alcântara, M. Kampel, J. L. Stech, E. M. L. d. M. Novo e L. M. G. Fonseca, “O algoritmoSupport Vector Machines (SVM): avaliação da separação ótima de classes em imagens CCD-CBERS-2.,” *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, vol. 14, pp. 2079-2086, 2009.
- [33] D. Zhang, G. Zhenhua e Y. Gong, “Multispectral Biometrics Systems,” em *Multispectral Biometrics*, Springer International Publishing, 2016, pp. 23-35.
- [34] B. Ballard, T. Ballard e E. Banks, em *Access control, authentication, and public key infrastructure.*, Jones & Bartlett Publishers, 2010.
- [35] F.-T. Sun, C. Kuo, H.-T. Cheng, S. Buthpitiya, P. Collins e M. Griss, “Activity-aware mental stress detection using physiological sensors,” em *Mobile computing, applications, and services*, Springer Berlin Heidelberg, 2012, pp. 211-230.
- [36] G. Fink, “Stress: definition and history,” em *Stress Science: Neuroendocrinology*, 2010, pp. 3-9.
- [37] G. BUTLER, “Definitions of stress,” *Occasional paper (Royal College of General Practitioners)*, 1993, p. 61: 1.
- [38] C. I. Notarius e R. W. Levenson, “Expressive tendencies and physiological response to stress,” *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 37.7, 1979.
- [39] A. d. S. Sierra, C. S. Ávila, J. G. Casanova e G. Bailador del Pozo, “A stress-detection system based on physiological signals and fuzzy logic,” em



- Industrial Electronics, Vols. %1 de %2de Santos Sierra, A., Ávila, C. S., Casanova, J. G., & Pozo, G. B. D. (2011). . Industrial Electronics, IEEE Transactions on, 58(10), 4857-4865., IEEE Transactions on, 58(10), 4857-4865., 2011.
- [40] A. Liapis, C. Katsanos, D. Sotiropoulos, M. Xenos e N. Karousos, “). Recognizing emotions in Human Computer Interaction: studying stress using skin conductance,” em In Human-Computer Interaction–INTERACT 2015, Springer International Publishing, 2015, pp. 255-262.
- [41] R. W. Picard e J. Scheirer, “The galvactivator: A glove that senses and communicates skin conductivity,” In Proceedings 9th Int. Conf. on HCI., 2001, August.
- [42] D. Harrison, S. Boyce, P. Loughnan, P. Dargaville, H. Storm e L. Johnston, “Skin conductance as a measure of pain and stress in hospitalised infants,” Early human development, vol. 82(9), pp. 603-608, 2006.
- [43] H. Kataoka, H. Kano, H. Yoshida, A. Saijo, M. Yasuda e M. Osumi, “Development of a skin temperature measuring system for non-contact stress evaluation,” Engineering in Medicine and Biology Society, vol. 2, n.º Proceedings of the 20th Annual International Conference of the IEEE, pp. 940-943, 1998, October.
- [44] C. H. Vinkers, R. Penning, J. Hellhammer, J. C. Verster, J. H. G. M. Klaessens, B. Olivier e C. J. Kalkman, “The effect of stress on core and peripheral body temperature in humans,” Stress, vol. 16(5), pp. 520-530, 2013.
- [45] M. Elgendi, “On the analysis of fingertip photoplethysmogram signals,” Current cardiology reviews, vol. 8(1), p. 14, 2012.
- [46] J. Allen, “Photoplethysmography and its application in clinical physiological measurement,” Physiological measurement, vol. 28(3), 2007.

- 
- [47] “Accelerometer Assessment of Physical Activity in Children: An Update,” em *Pediatric Exercise Science*, vol. 19, Human Kinetics, Inc., 2007, pp. 252-266.
- [48] R. G. Heimberg, “Social phobia: Diagnosis, assessment, and treatment,” Guilford Press, 1995.
- [49] V. Felizardo, “Validação do acelerómetro xyzPlux para estimação do Gasto Energético com aquisição de diversos parâmetros fisiológicos,” 2010.
- [50] D. G. Manolakis e V. K. Ingle, “Applied Digital Signal Processing,” Massachusetts Institute of Technology Lincoln Laboratory Northeastern University, Boston.
- [51] H. Liang, J. D. Bronzino e D. R. P., “Biosignal Processing: Principles and Practices,” CRC Press, 2012..
- [52] S. W. Smith, em *The scientist and engineer's guide to digital signal processing*, 1997.
- [53] L. Jorge, “Acelerometria na Reabilitação do Membro Superior Após-AVC,” Universidade do Porto, 2013.
- [54] S. Longhi, P. Siciliano, M. Germani e A. Monteriù, “Ambient Assisted Living: Italian Forum 2013,” Springer, 2014.
- [55] S. Fleming, M. Thompson, R. Stevens, C. Heneghan, A. Plüddemann, I. Maconochie, L. Tarassenko e D. Mant, “Normal ranges of heart rate and respiratory rate in children from birth to 18 years of age: a systematic review of observational studies,” *The Lancet*, vol. 377(9770), pp. 1011-1018, 2011.
- [56] S. Sarkar, A. K. Bhoi e G. Savita, “Fingertip pulse wave (ppg signal) analysis and heart rate detection,” *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, vol. 2(9), pp. 404-408, 2012.

- [57] D. A. A. Barata, "Sistema de aquisição, amostragem e transmissão de dados biométricos," 2013.
- [58] A. Zeileis, K. Hornik, A. Smola e A. Karatzoglou, "kernlab-an S4 package for kernel methods in R," *Journal of statistical software*, vol. 11(9), pp. 1-20, (2004).
- [59] N. V. Chawla, "Data mining for imbalanced datasets: An overview," em *Data mining and knowledge discovery handbook*, Springer US, 2005, pp. 853-867.
- [60] T. Fawcett, "An introduction to ROC analysis," *Pattern recognition letters*, pp. 861-874., 27 8 2006.
- [61] J. Guyomard e R. Stortelder, "Heart rate measurement through PPG: Heartbeat measurement in a wireless headset," 2015.
- [62] A. C. Lorena e A. Carvalho, "Uma introdução às support vector machines," *Revista de Informática Teórica e Aplicada*, vol. 14.2, pp. 43-67, 2007.
- [63] D. Meyer e F. T. Wien, "Support vector machines. The Interface to libsvm in package e1071," 2015.



# Anexo A

Neste anexo são apresentados os algoritmos adotados para o pré-processamento de dados em linguagem *Matlab*.

## Acelerómetro

```
fs=1000;
x=(x-mean(x));
nfft=pow2(nextpow2(length(x)));
fft_x=fft(x,nfft);
NP=ceil((nfft+1)/2);
fft_x=fft_x(1:NP);
mx=abs(fft_x)/length(x);
mx=mx.^2

if rem(nfft,2)
mx(2:end)=mx(2:end)*2;
else mx(2:end-1)=mx(2:end-1)*2;
end

f=(0:NP-1)*fs/nfft;

[maxvalue,indexmax]=max(mx);
freqfundamental=f(indexmax);
lower= freqfundamental/500;
higher=15/500;

a=fir1(100, [lower higher], 'bandpass');
x_axis=filter(a,1,x);

janela=10000;
i=0;
acc_fase1_x=fopen('acelerometro_x.csv', 'w');

for count1=janela+1:length(x_axis)-(janela+1)
s(count1)= mean(x_axis(count1-janela:count1+janela));
end

for count2=janela+1:janela:length(x_axis)-(janela+1)
i=i+1;
fprintf(acc_fase1_x, '\n %d', s(count2));
end

fclose(acc_fase1_x);
end
```

## Fotopletismografia

```
function hr= calculate_ppg()

load('11_fase1.mat');

a=fir1(100, [0.07 0.13], 'stop');
ppg_f=filter(a,1,ppg);

lower=0.0008;
higher=0.008;

a=fir1(100, [lower higher], 'bandpass');
ppg_filtered=filter(a,1,ppg_f);

fs=1000;
ppg_n=(ppg_filtered-mean(ppg_filtered));

janela=10000;
f=0;
hr_x=[];
hr=[];
ppg_file=fopen('ppg_fase1.csv', 'w');

for i=janela+1:janela:length(ppg_n)-(janela+1)
    x=ppg_n(i:i+janela);
    [pks, locs]=findpeaks(x, 'MinPeakHeight', 0);
    for count1=2:length(locs)
        hr_x(count1)=(60*fs)/(locs(count1)-locs(count1-1));
    end

    hr(i)=mean(hr_x);
    f=f+1;
    fprintf(ppg_file, ' %d\n', hr(i));
end

fclose(ppg_file);
end
```

## Temperatura

```
a=fir1(100, [0.07 0.13], 'stop');
temps=filter(a,1,temperatura);

janela=10000;

for count1=janela+1:length(temps)-(janela+1)
    s_t(count1)= mean(temps(count1-janela:count1+janela));
end

temp=fopen('temperatura_2.csv', 'w');
a0 = 1.46986244e-3;
a1 = 2.37806986e-4;
a2 = 1.05172464e-7;

for contador=1:janela:length(s_t)-(janela+1)
    kelvin(contador)=
1/(a0+(a1*log(s_t(contador)))+(a2*(log(s_t(contador))^3)));
    celsius(contador)=kelvin(contador)-273.15;
    fprintf(temp, '%f\n', celsius(contador));
end

fclose(temp);
```

## Condutividade Dermoelétrica

```
a=fir1(100, [0.07 0.13], 'stop');
skin_conductivity=filter(a,1,eda);

janela=10000; %dimensao da janela
conductivity=fopen('condutividade_fase1.csv', 'w');
i=0;

for count1=janela+1:length(skin_conductivity)-(janela+1)
    sc(count1)= mean(skin_conductivity(count1-
janela:count1+janela));
end
disp(sc);
for count2=janela+1:janela:length(skin_conductivity)-(janela+1)
    i=i+1;
    fprintf(conductivity, '\n %f', sc(count2));
end

fclose(conductivity);
```





# Anexo B

No presente anexo encontra-se o código relativo ao algoritmo classificador SVM utilizado.

```
set.seed(1);

library(kernlab);

x <- subset(stress_treino4, select = -classe)

y <- stress_treino4$classe;

srange <- sigest(classe ~ ., data = stress_treino4)

srange

s <- srange[2]

s

svp <- ksvm(classe ~ ., data = stress_treino4, type = 'C-svc', kernel = "rbfdot", kpar =
list(sigma = s), C = 60, cross = 5, prob.model = TRUE)

svp;

attributes(svp);

# Predict labels on test

ypred = predict(svp, stress_teste4)

table(stress_teste4$classe, ypred)

predict(svp, stress_teste4, type = "probabilities");

predict(svp, stress_treino4, type = "decision")

# Compute accuracy

sum(ypred == stress_teste4$classe) / length(stress_teste4$classe)
```

```
# Compute at the prediction scores

ypredscore = predict(svp, stress_treino4, type="decision")

# Check that the predicted labels are the signs of the scores
table(ypredscore > 0, ypred)

pred <- prediction(ypredscore, stress_teste4$classe)

library(ROCR)

## roc curve
ROCRperf1 = ROCR::performance(pred, "tpr", "fpr")
ROCR::plot(ROCRperf1)

## Calculate precision and recall
ROCRperfs = ROCR::performance(pred, "prec", "rec")
ROCR::plot(ROCRperfs)

## Calculate accuracy
ROCRperfa = ROCR::performance(pred, "acc")
ROCR::plot(ROCRperfa)
```

# Anexo C

Este anexo apresenta os resultados obtidos pelo modelo de deteção de stress.

## Utilizador 1

<i>Thresho1d</i>	PVP	PFP	Sensibilidade	Especificidade	Precisão
1.4187697	0.05263158	0.00000000	0.05263158	1.0000000	0.5263158
1.4055727	0.10526316	0.00000000	0.10526316	1.0000000	0.5526316
1.3982592	0.15789474	0.00000000	0.15789474	1.0000000	0.5789474
1.3941794	0.21052632	0.00000000	0.21052632	1.0000000	0.6052632
1.3423476	0.26315789	0.00000000	0.26315789	1.0000000	0.6315789
1.3383394	0.31578947	0.00000000	0.31578947	1.0000000	0.6578947
1.3170217	0.36842105	0.00000000	0.36842105	1.0000000	0.6842105
1.2660858	0.42105263	0.00000000	0.42105263	1.0000000	0.7105263
1.2483549	0.47368421	0.00000000	0.47368421	1.0000000	0.7368421
1.1656710	0.52631579	0.00000000	0.52631579	1.0000000	0.7631579
1.1087280	0.57894737	0.00000000	0.57894737	1.0000000	0.7894737
1.0243516	0.63157895	0.00000000	0.63157895	1.0000000	0.8157895
1.0157515	0.68421053	0.00000000	0.68421053	1.0000000	0.8421053
1.0145796	0.73684211	0.00000000	0.73684211	1.0000000	0.8684211
1.0081501	0.78947368	0.00000000	0.78947368	1.0000000	0.8947368
1.0002652	0.84210526	0.00000000	0.84210526	1.0000000	0.9210526
0.9999950	0.89473684	0.00000000	0.89473684	1.0000000	0.9473684
0.9997462	0.94736842	0.00000000	0.94736842	1.0000000	0.9736842
0.9995093	1.00000000	0.00000000	1.00000000	1.0000000	1.0000000
-0.9995488	1.00000000	0.05263158	1.00000000	0.9500000	0.9736842
-0.9997165	1.00000000	0.10526316	1.00000000	0.9047619	0.9473684
-0.9999540	1.00000000	0.15789474	1.00000000	0.8636364	0.9210526
-0.9999540	1.00000000	0.21052632	1.00000000	0.8260870	0.8947368
-1.0003424	1.00000000	0.26315789	1.00000000	0.7916667	0.8684211
-1.0673126	1.00000000	0.31578947	1.00000000	0.7600000	0.8421053
-1.1298378	1.00000000	0.36842105	1.00000000	0.7307692	0.8157895
-1.1318747	1.00000000	0.42105263	1.00000000	0.7037037	0.7894737
-1.1487406	1.00000000	0.47368421	1.00000000	0.6785714	0.7631579
-1.1602817	1.00000000	0.52631579	1.00000000	0.6551724	0.7368421
-1.1676109	1.00000000	0.57894737	1.00000000	0.6333333	0.7105263
-1.2179611	1.00000000	0.63157895	1.00000000	0.6129032	0.6842105
-1.2406863	1.00000000	0.68421053	1.00000000	0.5937500	0.6578947
-1.3748606	1.00000000	0.73684211	1.00000000	0.5757576	0.6315789
-1.3820918	1.00000000	0.78947368	1.00000000	0.5588235	0.6052632
-1.3934451	1.00000000	0.84210526	1.00000000	0.5428571	0.5789474
-1.3951730	1.00000000	0.89473684	1.00000000	0.5277778	0.5526316
-1.4729063	1.00000000	0.94736842	1.00000000	0.5135135	0.5263158
-1.4858437	1.00000000	1.00000000	1.00000000	0.5000000	0.5000000

## Utilizador 2

<i>Threshold</i>	PVP	PPF	Sensibilidade	Especificidade	Precisão
1.3467213	0.03703704	0.00000000	0.03703704	1.00000000	0.5185185
1.3423467	0.07407407	0.00000000	0.07407407	1.00000000	0.5370370
1.3117078	0.11111111	0.00000000	0.11111111	1.00000000	0.5555556
1.3041249	0.14814815	0.00000000	0.14814815	1.00000000	0.5740741
1.3007362	0.18518519	0.00000000	0.18518519	1.00000000	0.5925926
1.2985556	0.22222222	0.00000000	0.22222222	1.00000000	0.6111111
1.2380767	0.25925926	0.00000000	0.25925926	1.00000000	0.6296296
1.2366413	0.29629630	0.00000000	0.29629630	1.00000000	0.6481481
1.2362683	0.33333333	0.00000000	0.33333333	1.00000000	0.6666667
1.2251799	0.37037037	0.00000000	0.37037037	1.00000000	0.6851852
1.2178921	0.40740741	0.00000000	0.40740741	1.00000000	0.7037037
1.2105734	0.44444444	0.00000000	0.44444444	1.00000000	0.7222222
1.2103355	0.48148148	0.00000000	0.48148148	1.00000000	0.7407407
1.2102241	0.51851852	0.00000000	0.51851852	1.00000000	0.7592593
1.2097110	0.55555556	0.00000000	0.55555556	1.00000000	0.7777778
1.1897917	0.59259259	0.00000000	0.59259259	1.00000000	0.7962963
1.1328928	0.62962963	0.00000000	0.62962963	1.00000000	0.8148148
1.1278728	0.66666667	0.00000000	0.66666667	1.00000000	0.8333333
1.1265482	0.70370370	0.00000000	0.70370370	1.00000000	0.8518519
1.0912169	0.74074074	0.00000000	0.74074074	1.00000000	0.8703704
1.0882307	0.77777778	0.00000000	0.77777778	1.00000000	0.8888889
1.0534509	0.81481481	0.00000000	0.81481481	1.00000000	0.9074074
1.0001497	0.85185185	0.00000000	0.85185185	1.00000000	0.9259259
0.9999316	0.88888889	0.00000000	0.88888889	1.00000000	0.9444444
0.9998739	0.92592593	0.00000000	0.92592593	1.00000000	0.9629630
0.9997650	0.96296296	0.00000000	0.96296296	1.00000000	0.9814815
0.9995711	1.00000000	0.00000000	1.00000000	1.00000000	1.0000000
-0.9995781	1.00000000	0.03703704	1.00000000	0.9642857	0.9814815
-0.9997150	1.00000000	0.07407407	1.00000000	0.9310345	0.9629630
-0.9998169	1.00000000	0.11111111	1.00000000	0.9000000	0.9444444
-0.9998302	1.00000000	0.14814815	1.00000000	0.8709677	0.9259259
-1.0000684	1.00000000	0.18518519	1.00000000	0.8437500	0.9074074
-1.0002828	1.00000000	0.22222222	1.00000000	0.8181818	0.8888889
-1.0325182	1.00000000	0.25925926	1.00000000	0.7941176	0.8703704
-1.0377328	1.00000000	0.29629630	1.00000000	0.7714286	0.8518519
-1.1064780	1.00000000	0.33333333	1.00000000	0.7500000	0.8333333
-1.1124686	1.00000000	0.37037037	1.00000000	0.7297297	0.8148148
-1.1195414	1.00000000	0.40740741	1.00000000	0.7105263	0.7962963
-1.1333889	1.00000000	0.44444444	1.00000000	0.6923077	0.7777778
-1.1416297	1.00000000	0.48148148	1.00000000	0.6750000	0.7592593
-1.1422649	1.00000000	0.51851852	1.00000000	0.6585366	0.7407407
-1.1455495	1.00000000	0.55555556	1.00000000	0.6428571	0.7222222
-1.1459021	1.00000000	0.59259259	1.00000000	0.6279070	0.7037037
-1.1498230	1.00000000	0.62962963	1.00000000	0.6136364	0.6851852
-1.1579176	1.00000000	0.66666667	1.00000000	0.6000000	0.6666667
-1.1612983	1.00000000	0.70370370	1.00000000	0.5869565	0.6481481
-1.1806665	1.00000000	0.74074074	1.00000000	0.5744681	0.6296296
-1.1904273	1.00000000	0.77777778	1.00000000	0.5625000	0.6111111
-1.2011128	1.00000000	0.81481481	1.00000000	0.5510204	0.5925926
-1.2024607	1.00000000	0.85185185	1.00000000	0.5400000	0.5740741

-1.2073565	1.00000000	0.88888889	1.00000000	0.5294118	0.5555556
-1.2288286	1.00000000	0.92592593	1.00000000	0.5192308	0.5370370
-1.2351744	1.00000000	0.96296296	1.00000000	0.5094340	0.5185185
-1.2505924	1.00000000	1.00000000	1.00000000	0.5000000	0.5000000

### Utilizador 3

<i>Threshold</i>	PVP	PPF	Sensibilidade	Especificidade	Precisão
7.1507507	0.03333333	0.00000000	0.03333333	1.0000000	0.5166667
6.9244342	0.06666667	0.00000000	0.06666667	1.0000000	0.5333333
6.8842781	0.10000000	0.00000000	0.10000000	1.0000000	0.5500000
6.8681960	0.13333333	0.00000000	0.13333333	1.0000000	0.5666667
6.8091951	0.16666667	0.00000000	0.16666667	1.0000000	0.5833333
6.5000784	0.20000000	0.00000000	0.20000000	1.0000000	0.6000000
6.3790219	0.23333333	0.00000000	0.23333333	1.0000000	0.6166667
6.3243291	0.26666667	0.00000000	0.26666667	1.0000000	0.6333333
6.0203543	0.30000000	0.00000000	0.30000000	1.0000000	0.6500000
5.6220776	0.33333333	0.00000000	0.33333333	1.0000000	0.6666667
5.4431317	0.36666667	0.00000000	0.36666667	1.0000000	0.6833333
5.2935875	0.40000000	0.00000000	0.40000000	1.0000000	0.7000000
5.0254873	0.43333333	0.00000000	0.43333333	1.0000000	0.7166667
4.9842372	0.46666667	0.00000000	0.46666667	1.0000000	0.7333333
4.9364859	0.50000000	0.00000000	0.50000000	1.0000000	0.7500000
4.8576862	0.53333333	0.00000000	0.53333333	1.0000000	0.7666667
4.8177235	0.56666667	0.00000000	0.56666667	1.0000000	0.7833333
4.6226271	0.60000000	0.00000000	0.60000000	1.0000000	0.8000000
4.6043573	0.63333333	0.00000000	0.63333333	1.0000000	0.8166667
3.2253209	0.66666667	0.00000000	0.66666667	1.0000000	0.8333333
2.7422065	0.70000000	0.00000000	0.70000000	1.0000000	0.8500000
2.5781783	0.73333333	0.00000000	0.73333333	1.0000000	0.8666667
2.5286477	0.76666667	0.00000000	0.76666667	1.0000000	0.8833333
2.1913673	0.80000000	0.00000000	0.80000000	1.0000000	0.9000000
1.2510524	0.83333333	0.00000000	0.83333333	1.0000000	0.9166667
1.0000028	0.86666667	0.00000000	0.86666667	1.0000000	0.9333333
0.9999590	0.90000000	0.00000000	0.90000000	1.0000000	0.9500000
0.9998894	0.93333333	0.00000000	0.93333333	1.0000000	0.9666667
0.9998617	0.96666667	0.00000000	0.96666667	1.0000000	0.9833333
-0.3908949	1.00000000	0.00000000	1.00000000	1.0000000	1.0000000
-0.9995722	1.00000000	0.03333333	1.00000000	0.9677419	0.9833333
-0.9999098	1.00000000	0.06666667	1.00000000	0.9375000	0.9666667
-0.9999116	1.00000000	0.10000000	1.00000000	0.9090909	0.9500000
-0.9999941	1.00000000	0.13333333	1.00000000	0.8823529	0.9333333
-1.0000400	1.00000000	0.16666667	1.00000000	0.8571429	0.9166667
-1.0002824	1.00000000	0.20000000	1.00000000	0.8333333	0.9000000
-1.2092056	1.00000000	0.23333333	1.00000000	0.8108108	0.8833333
-1.5120084	1.00000000	0.26666667	1.00000000	0.7894737	0.8666667
-1.9596632	1.00000000	0.30000000	1.00000000	0.7692308	0.8500000
-1.9611529	1.00000000	0.33333333	1.00000000	0.7500000	0.8333333
-1.9846694	1.00000000	0.36666667	1.00000000	0.7317073	0.8166667
-2.0231637	1.00000000	0.40000000	1.00000000	0.7142857	0.8000000
-2.0503220	1.00000000	0.43333333	1.00000000	0.6976744	0.7833333

-2.0819655	1.00000000	0.46666667	1.00000000	0.6818182	0.7666667
-2.0865642	1.00000000	0.50000000	1.00000000	0.6666667	0.7500000
-2.0975633	1.00000000	0.53333333	1.00000000	0.6521739	0.7333333
-2.1945826	1.00000000	0.56666667	1.00000000	0.6382979	0.7166667
-2.2071577	1.00000000	0.60000000	1.00000000	0.6250000	0.7000000
-2.3193700	1.00000000	0.63333333	1.00000000	0.6122449	0.6833333
-2.3675339	1.00000000	0.66666667	1.00000000	0.6000000	0.6666667
-2.5483651	1.00000000	0.70000000	1.00000000	0.5882353	0.6500000
-2.5706959	1.00000000	0.73333333	1.00000000	0.5769231	0.6333333
-2.5758013	1.00000000	0.76666667	1.00000000	0.5660377	0.6166667
-2.7029744	1.00000000	0.80000000	1.00000000	0.5555556	0.6000000
-2.8545409	1.00000000	0.83333333	1.00000000	0.5454545	0.5833333
-3.0935999	1.00000000	0.86666667	1.00000000	0.5357143	0.5666667
-3.1795585	1.00000000	0.90000000	1.00000000	0.5263158	0.5500000
-3.2822188	1.00000000	0.93333333	1.00000000	0.5172414	0.5333333
-3.4543747	1.00000000	0.96666667	1.00000000	0.5084746	0.5166667
-3.4745279	1.00000000	1.00000000	1.00000000	0.5000000	0.5000000

## Utilizador 4

<i>Threshold</i>	PVP	PFP	Sensibilidade	Especificidade	Precisão
1.6160793	0.05263158	0.00000000	0.05263158	1.0000000	0.5263158
1.4940216	0.10526316	0.00000000	0.10526316	1.0000000	0.5526316
1.4020142	0.15789474	0.00000000	0.15789474	1.0000000	0.5789474
1.3343317	0.21052632	0.00000000	0.21052632	1.0000000	0.6052632
1.3044038	0.26315789	0.00000000	0.26315789	1.0000000	0.6315789
1.2592464	0.31578947	0.00000000	0.31578947	1.0000000	0.6578947
1.2554695	0.36842105	0.00000000	0.36842105	1.0000000	0.6842105
1.2201732	0.42105263	0.00000000	0.42105263	1.0000000	0.7105263
1.2054911	0.47368421	0.00000000	0.47368421	1.0000000	0.7368421
1.1351038	0.52631579	0.00000000	0.52631579	1.0000000	0.7631579
1.1334989	0.57894737	0.00000000	0.57894737	1.0000000	0.7894737
1.1182056	0.63157895	0.00000000	0.63157895	1.0000000	0.8157895
1.0925294	0.68421053	0.00000000	0.68421053	1.0000000	0.8421053
1.0819393	0.73684211	0.00000000	0.73684211	1.0000000	0.8684211
1.0623650	0.78947368	0.00000000	0.78947368	1.0000000	0.8947368
1.0150719	0.84210526	0.00000000	0.84210526	1.0000000	0.9210526
0.9999993	0.89473684	0.00000000	0.89473684	1.0000000	0.9473684
0.9998734	0.94736842	0.00000000	0.94736842	1.0000000	0.9736842
0.9998477	1.00000000	0.00000000	1.00000000	1.0000000	1.0000000
-0.9993724	1.00000000	0.05263158	1.00000000	0.9500000	0.9736842
-1.0001523	1.00000000	0.10526316	1.00000000	0.9047619	0.9473684
-1.0001957	1.00000000	0.15789474	1.00000000	0.8636364	0.9210526
-1.1812489	1.00000000	0.21052632	1.00000000	0.8260870	0.8947368
-1.2087848	1.00000000	0.26315789	1.00000000	0.7916667	0.8684211
-1.2096979	1.00000000	0.31578947	1.00000000	0.7600000	0.8421053
-1.3142798	1.00000000	0.36842105	1.00000000	0.7307692	0.8157895
-1.4472329	1.00000000	0.42105263	1.00000000	0.7037037	0.7894737
-1.4640622	1.00000000	0.47368421	1.00000000	0.6785714	0.7631579
-1.6159109	1.00000000	0.52631579	1.00000000	0.6551724	0.7368421
-1.6194524	1.00000000	0.57894737	1.00000000	0.6333333	0.7105263

-1.6387478	1.00000000	0.63157895	1.00000000	0.6129032	0.6842105
-1.6524382	1.00000000	0.68421053	1.00000000	0.5937500	0.6578947
-1.6686083	1.00000000	0.73684211	1.00000000	0.5757576	0.6315789
-1.7001743	1.00000000	0.78947368	1.00000000	0.5588235	0.6052632
-1.7445694	1.00000000	0.84210526	1.00000000	0.5428571	0.5789474
-1.7498722	1.00000000	0.89473684	1.00000000	0.5277778	0.5526316
-1.7628803	1.00000000	0.94736842	1.00000000	0.5135135	0.5263158
-1.7642397	1.00000000	1.00000000	1.00000000	0.5000000	0.5000000

## Utilizador 5

<i>Threshold</i>	<b>PVP</b>	<b>PFP</b>	<b>Sensibilidade</b>	<b>Especificidade</b>	<b>Precisão</b>
4.5460252	0.04545455	0.00000000	0.04545455	1.0000000	0.5227273
4.4060342	0.09090909	0.00000000	0.09090909	1.0000000	0.5454545
4.1472888	0.13636364	0.00000000	0.13636364	1.0000000	0.5681818
3.9360464	0.18181818	0.00000000	0.18181818	1.0000000	0.5909091
3.8783664	0.22727273	0.00000000	0.22727273	1.0000000	0.6136364
3.3782969	0.27272727	0.00000000	0.27272727	1.0000000	0.6363636
3.2107222	0.31818182	0.00000000	0.31818182	1.0000000	0.6590909
3.1451183	0.36363636	0.00000000	0.36363636	1.0000000	0.6818182
3.0107382	0.40909091	0.00000000	0.40909091	1.0000000	0.7045455
2.9784092	0.45454545	0.00000000	0.45454545	1.0000000	0.7272727
2.9576729	0.50000000	0.00000000	0.50000000	1.0000000	0.7500000
2.5739361	0.54545455	0.00000000	0.54545455	1.0000000	0.7727273
2.2590165	0.59090909	0.00000000	0.59090909	1.0000000	0.7954545
2.0139248	0.63636364	0.00000000	0.63636364	1.0000000	0.8181818
1.7204664	0.68181818	0.00000000	0.68181818	1.0000000	0.8409091
1.3172029	0.72727273	0.00000000	0.72727273	1.0000000	0.8636364
1.1959551	0.77272727	0.00000000	0.77272727	1.0000000	0.8863636
1.0002608	0.81818182	0.00000000	0.81818182	1.0000000	0.9090909
1.0002420	0.86363636	0.00000000	0.86363636	1.0000000	0.9318182
1.0000033	0.90909091	0.00000000	0.90909091	1.0000000	0.9545455
0.9997256	0.95454545	0.00000000	0.95454545	1.0000000	0.9772727
0.4829442 -	1.00000000	0.00000000	1.00000000	1.0000000	1.0000000
0.9996429 -	1.00000000	0.04545455	1.00000000	0.9565217	0.9772727
0.9999329 -	1.00000000	0.09090909	1.00000000	0.9166667	0.9545455
1.0000913 -	1.00000000	0.13636364	1.00000000	0.8800000	0.9318182
1.0000932 -	1.00000000	0.18181818	1.00000000	0.8461538	0.9090909
1.0004675 -	1.00000000	0.22727273	1.00000000	0.8148148	0.8863636
1.0979318 -	1.00000000	0.27272727	1.00000000	0.7857143	0.8636364
1.3649531	1.00000000	0.31818182	1.00000000	0.7586207	0.8409091
-1.7250199	1.00000000	0.36363636	1.00000000	0.7333333	0.8181818
-1.8015948	1.00000000	0.40909091	1.00000000	0.7096774	0.7954545
-1.8058792	1.00000000	0.45454545	1.00000000	0.6875000	0.7727273
-1.9491105	1.00000000	0.50000000	1.00000000	0.6666667	0.7500000
-1.9644950	1.00000000	0.54545455	1.00000000	0.6470588	0.7272727
-1.9722231	1.00000000	0.59090909	1.00000000	0.6285714	0.7045455
-2.1976625	1.00000000	0.63636364	1.00000000	0.6111111	0.6818182
-2.3564354	1.00000000	0.68181818	1.00000000	0.5945946	0.6590909

-2.6070640	1.00000000	0.72727273	1.00000000	0.5789474	0.6363636
-2.6964931	1.00000000	0.77272727	1.00000000	0.5641026	0.6136364
-2.8542606	1.00000000	0.81818182	1.00000000	0.5500000	0.5909091
-2.8682529	1.00000000	0.86363636	1.00000000	0.5365854	0.5681818
-3.3958630	1.00000000	0.90909091	1.00000000	0.5238095	0.5454545
-3.5820652	1.00000000	0.95454545	1.00000000	0.5116279	0.5227273
-4.4822448	1.00000000	1.00000000	1.00000000	0.5000000	0.5000000

## Utilizador 6

<i>Threshold</i>	PVP	PFP	Sensibilidade	Especificidade	Precisão
1.4069378	0.00000000	0.03571429	0.03571429	1.0000000	0.5178571
1.4019507	0.00000000	0.07142857	0.07142857	1.0000000	0.5357143
1.3933855	0.00000000	0.10714286	0.10714286	1.0000000	0.5535714
1.3860138	0.00000000	0.14285714	0.14285714	1.0000000	0.5714286
1.3697382	0.00000000	0.17857143	0.17857143	1.0000000	0.5892857
1.3696524	0.00000000	0.21428571	0.21428571	1.0000000	0.6071429
1.3397578	0.00000000	0.25000000	0.25000000	1.0000000	0.6250000
1.2991283	0.00000000	0.28571429	0.28571429	1.0000000	0.6428571
1.2711767	0.00000000	0.32142857	0.32142857	1.0000000	0.6607143
1.2326287	0.00000000	0.35714286	0.35714286	1.0000000	0.6785714
1.2178908	0.00000000	0.39285714	0.39285714	1.0000000	0.6964286
1.1986470	0.00000000	0.42857143	0.42857143	1.0000000	0.7142857
1.1951970	0.00000000	0.46428571	0.46428571	1.0000000	0.7321429
1.1842140	0.00000000	0.50000000	0.50000000	1.0000000	0.7500000
1.1681606	0.00000000	0.53571429	0.53571429	1.0000000	0.7678571
1.1452996	0.00000000	0.57142857	0.57142857	1.0000000	0.7857143
1.1095366	0.00000000	0.60714286	0.60714286	1.0000000	0.8035714
1.0703419	0.00000000	0.64285714	0.64285714	1.0000000	0.8214286
1.0514724	0.00000000	0.67857143	0.67857143	1.0000000	0.8392857
1.0299563	0.00000000	0.71428571	0.71428571	1.0000000	0.8571429
1.0177352	0.00000000	0.75000000	0.75000000	1.0000000	0.8750000
1.0004809	0.00000000	0.78571429	0.78571429	1.0000000	0.8928571
1.0003212	0.00000000	0.82142857	0.82142857	1.0000000	0.9107143
1.0000840	0.00000000	0.85714286	0.85714286	1.0000000	0.9285714
1.0000329	0.00000000	0.89285714	0.89285714	1.0000000	0.9464286
1.0000329	0.00000000	0.92857143	0.92857143	1.0000000	0.9642857
0.9995271 -	0.00000000	0.96428571	0.96428571	1.0000000	0.9821429
0.9997888 -	0.00000000	1.00000000	1.00000000	1.0000000	1.0000000
1.0002610 -	0.03571429	1.00000000	1.00000000	0.9655172	0.9821429
1.0004292 -	0.07142857	1.00000000	1.00000000	0.9333333	0.9642857
1.0022712 -	0.10714286	1.00000000	1.00000000	0.9032258	0.9464286
1.0236827 -	0.14285714	1.00000000	1.00000000	0.8750000	0.9285714
1.0375400 -	0.17857143	1.00000000	1.00000000	0.8484848	0.9107143
1.0671058	0.21428571	1.00000000	1.00000000	0.8235294	0.8928571
-1.0804790	0.25000000	1.00000000	1.00000000	0.8000000	0.8750000
-1.0921607	0.28571429	1.00000000	1.00000000	0.7777778	0.8571429
-1.1059602	0.32142857	1.00000000	1.00000000	0.7567568	0.8392857



-1.1185261	0.35714286	1.00000000	1.00000000	0.7368421	0.8214286
-1.1548198	0.39285714	1.00000000	1.00000000	0.7179487	0.8035714
-1.1552335	0.42857143	1.00000000	1.00000000	0.7000000	0.7857143
-1.1570963	0.46428571	1.00000000	1.00000000	0.6829268	0.7678571
-1.1686436	0.50000000	1.00000000	1.00000000	0.6666667	0.7500000
-1.1701505	0.53571429	1.00000000	1.00000000	0.6511628	0.7321429
-1.1778993	0.57142857	1.00000000	1.00000000	0.6363636	0.7142857
-1.2128543	0.60714286	1.00000000	1.00000000	0.6222222	0.6964286
-1.2149501	0.64285714	1.00000000	1.00000000	0.6086957	0.6785714
-1.2160243	0.67857143	1.00000000	1.00000000	0.5957447	0.6607143
-1.2180673	0.71428571	1.00000000	1.00000000	0.5833333	0.6428571
-1.2216825	0.75000000	1.00000000	1.00000000	0.5714286	0.6250000
-1.2236461	0.78571429	1.00000000	1.00000000	0.5600000	0.6071429
-1.2240899	0.82142857	1.00000000	1.00000000	0.5490196	0.5892857
-1.2348278	0.85714286	1.00000000	1.00000000	0.5384615	0.5714286
-1.2382232	0.89285714	1.00000000	1.00000000	0.5283019	0.5535714
-1.2413105	0.92857143	1.00000000	1.00000000	0.5185185	0.5357143
-1.2439942	0.96428571	1.00000000	1.00000000	0.5090909	0.5178571

## Utilizador 7

<i>Threshold</i>	PVP	PPF	Sensibilidade	Especificidade	Precisão
1.8113960	0.04761905	0.00000000	0.04761905	1.0000000	0.5238095
1.6678862	0.09523810	0.00000000	0.09523810	1.0000000	0.5476190
1.6660614	0.14285714	0.00000000	0.14285714	1.0000000	0.5714286
1.4050968	0.19047619	0.00000000	0.19047619	1.0000000	0.5952381
1.2708200	0.23809524	0.00000000	0.23809524	1.0000000	0.6190476
1.2025295	0.28571429	0.00000000	0.28571429	1.0000000	0.6428571
1.1852980	0.33333333	0.00000000	0.33333333	1.0000000	0.6666667
1.1537099	0.38095238	0.00000000	0.38095238	1.0000000	0.6904762
1.1474722	0.42857143	0.00000000	0.42857143	1.0000000	0.7142857
1.1240297	0.47619048	0.00000000	0.47619048	1.0000000	0.7380952
1.0887303	0.52380952	0.00000000	0.52380952	1.0000000	0.7619048
1.0856376	0.57142857	0.00000000	0.57142857	1.0000000	0.7857143
1.0847769	0.61904762	0.00000000	0.61904762	1.0000000	0.8095238
1.0589945	0.66666667	0.00000000	0.66666667	1.0000000	0.8333333
1.0569141	0.71428571	0.00000000	0.71428571	1.0000000	0.8571429
1.0531142	0.76190476	0.00000000	0.76190476	1.0000000	0.8809524
1.0003930	0.80952381	0.00000000	0.80952381	1.0000000	0.9047619
1.0001259	0.85714286	0.00000000	0.85714286	1.0000000	0.9285714
1.0001259	0.90476190	0.00000000	0.90476190	1.0000000	0.9523810
1.0000600	0.95238095	0.00000000	0.95238095	1.0000000	0.9761905
0.9998283 -	1.00000000	0.00000000	1.00000000	1.0000000	1.0000000
0.9996507 -	1.00000000	0.04761905	1.00000000	0.9545455	0.9761905
0.9999640 -	1.00000000	0.09523810	1.00000000	0.9130435	0.9523810
1.0002151 -	1.00000000	0.14285714	1.00000000	0.8750000	0.9285714
1.0003357 -	1.00000000	0.19047619	1.00000000	0.8400000	0.9047619
1.0003675 -	1.00000000	0.23809524	1.00000000	0.8076923	0.8809524
1.0081936 -	1.00000000	0.28571429	1.00000000	0.7777778	0.8571429

1.0093212 -	1.00000000	0.33333333	1.00000000	0.75000000	0.83333333
1.0314943	1.00000000	0.38095238	1.00000000	0.7241379	0.8095238
-1.0634083	1.00000000	0.42857143	1.00000000	0.70000000	0.7857143
-1.0756507	1.00000000	0.47619048	1.00000000	0.6774194	0.7619048
-1.0771315	1.00000000	0.52380952	1.00000000	0.6562500	0.7380952
-1.0876900	1.00000000	0.57142857	1.00000000	0.6363636	0.7142857
-1.0909972	1.00000000	0.61904762	1.00000000	0.6176471	0.6904762
-1.0982698	1.00000000	0.66666667	1.00000000	0.60000000	0.6666667
-1.1233099	1.00000000	0.71428571	1.00000000	0.58333333	0.6428571
-1.1282136	1.00000000	0.76190476	1.00000000	0.5675676	0.6190476
-1.1338179	1.00000000	0.80952381	1.00000000	0.5526316	0.5952381
-1.1344710	1.00000000	0.85714286	1.00000000	0.5384615	0.5714286
-1.1749208	1.00000000	0.90476190	1.00000000	0.52500000	0.5476190
-1.2069320	1.00000000	0.95238095	1.00000000	0.5121951	0.5238095
-1.2335659	1.00000000	1.00000000	1.00000000	0.50000000	0.5000000

## Utilizador 8

<i>Threshold</i>	<i>PVP</i>	<i>PPF</i>	<i>Sensibilidade</i>	<i>Especificidade</i>	<i>Precisão</i>
1.3216799	0.0625	0.0000	0.0625	1.0000000	0.53125
1.1406956	0.1250	0.0000	0.1250	1.0000000	0.56250
1.1128585	0.1875	0.0000	0.1875	1.0000000	0.59375
1.1061062	0.2500	0.0000	0.2500	1.0000000	0.62500
1.1039132	0.3125	0.0000	0.3125	1.0000000	0.65625
1.0987144	0.3750	0.0000	0.3750	1.0000000	0.68750
1.0948370	0.4375	0.0000	0.4375	1.0000000	0.71875
1.0652983	0.5000	0.0000	0.5000	1.0000000	0.75000
1.0498232	0.5625	0.0000	0.5625	1.0000000	0.78125
1.0389810	0.6250	0.0000	0.6250	1.0000000	0.81250
1.0277363	0.6875	0.0000	0.6875	1.0000000	0.84375
1.0063820	0.7500	0.0000	0.7500	1.0000000	0.87500
1.0039195	0.8125	0.0000	0.8125	1.0000000	0.90625
1.0001309	0.8750	0.0000	0.8750	1.0000000	0.93750
1.0000779	0.9375	0.0000	0.9375	1.0000000	0.96875
0.9997001 -	1.0000	0.0000	1.0000	1.0000000	1.00000
0.9996465 -	1.0000	0.0625	1.0000	0.9411765	0.96875
0.9997449 -	1.0000	0.1250	1.0000	0.8888889	0.93750
0.9999221	1.0000	0.1875	1.0000	0.8421053	0.90625
-1.0005955	1.0000	0.2500	1.0000	0.8000000	0.87500
-1.0068326	1.0000	0.3125	1.0000	0.7619048	0.84375
-1.0382300	1.0000	0.3750	1.0000	0.7272727	0.81250
-1.0397414	1.0000	0.4375	1.0000	0.6956522	0.78125
-1.0938519	1.0000	0.5000	1.0000	0.6666667	0.75000
-1.1153855	1.0000	0.5625	1.0000	0.6400000	0.71875
-1.1244746	1.0000	0.6250	1.0000	0.6153846	0.68750
-1.1376496	1.0000	0.6875	1.0000	0.5925926	0.65625
-1.1436663	1.0000	0.7500	1.0000	0.5714286	0.62500
-1.1440808	1.0000	0.8125	1.0000	0.5517241	0.59375
-1.1618137	1.0000	0.8750	1.0000	0.5333333	0.56250

-1.1790511	1.0000	0.9375	1.0000	0.5161290	0.53125
-1.1897663	1.0000	1.0000	1.0000	0.5000000	0.50000

## Utilizador 9

<i>Threshold</i>	PVP	PPF	Sensibilidade	Especificidade	Precisão
1.1607758	0.00	0.05	0.05	1.0000000	0.525
1.1489981	0.00	0.10	0.10	1.0000000	0.550
1.1360112	0.00	0.15	0.15	1.0000000	0.575
1.0777494	0.00	0.20	0.20	1.0000000	0.600
1.0719149	0.00	0.25	0.25	1.0000000	0.625
1.0540696	0.00	0.30	0.30	1.0000000	0.650
1.0530799	0.00	0.35	0.35	1.0000000	0.675
1.0429531	0.00	0.40	0.40	1.0000000	0.700
1.0347268	0.00	0.45	0.45	1.0000000	0.725
1.0307038	0.00	0.50	0.50	1.0000000	0.750
1.0162983	0.00	0.55	0.55	1.0000000	0.775
1.0134131	0.00	0.60	0.60	1.0000000	0.800
1.0095618	0.00	0.65	0.65	1.0000000	0.825
1.0038910	0.00	0.70	0.70	1.0000000	0.850
1.0031786	0.00	0.75	0.75	1.0000000	0.875
1.0006331	0.00	0.80	0.80	1.0000000	0.900
1.0001533	0.00	0.85	0.85	1.0000000	0.925
0.9999807	0.00	0.90	0.90	1.0000000	0.950
0.9999132	0.00	0.95	0.95	1.0000000	0.975
0.9996439 -	0.00	1.00	1.00	1.0000000	1.000
0.9999738 -	0.05	1.00	1.00	0.9523810	0.975
1.0000868 -	0.10	1.00	1.00	0.9090909	0.950
1.0002635 -	0.15	1.00	1.00	0.8695652	0.925
1.0885037 -	0.20	1.00	1.00	0.8333333	0.900
1.1422909 -	0.25	1.00	1.00	0.8000000	0.875
1.1995924 -	0.30	1.00	1.00	0.7692308	0.850
1.2233079 -	0.35	1.00	1.00	0.7407407	0.825
1.2244482 -	0.40	1.00	1.00	0.7142857	0.800
1.2357576	0.45	1.00	1.00	0.6896552	0.775
-1.2566251	0.50	1.00	1.00	0.6666667	0.750
-1.2578862	0.55	1.00	1.00	0.6451613	0.725
-1.2597734	0.60	1.00	1.00	0.6250000	0.700
-1.2671726	0.65	1.00	1.00	0.6060606	0.675
-1.2776000	0.70	1.00	1.00	0.5882353	0.650
-1.2820550	0.75	1.00	1.00	0.5714286	0.625
-1.2828014	0.80	1.00	1.00	0.5555556	0.600
-1.2936764	0.85	1.00	1.00	0.5405405	0.575
-1.2977624	0.90	1.00	1.00	0.5263158	0.550
-1.3009992	0.95	1.00	1.00	0.5128205	0.525
-1.3014424	1.00	1.00	1.00	0.5000000	0.500

## Utilizador 10

<i>Threshold</i>	PVP	PFP	Sensibilidade	Especificidade	Precisão
1.1498283	0.000	0.125	0.125	1.0000000	0.5625
1.0748454	0.000	0.250	0.250	1.0000000	0.6250
1.0695202	0.000	0.375	0.375	1.0000000	0.6875
1.0533756	0.000	0.500	0.500	1.0000000	0.7500
1.0351776	0.000	0.625	0.625	1.0000000	0.8125
1.0003743	0.000	0.750	0.750	1.0000000	0.8750
0.9998898	0.000	0.875	0.875	1.0000000	0.9375
0.9998863	0.000	1.000	1.000	1.0000000	1.0000
-1.0000751	0.125	1.000	1.000	0.8888889	0.9375
-1.0000751	0.250	1.000	1.000	0.8000000	0.8750
-1.0818594	0.375	1.000	1.000	0.7272727	0.8125
-1.1304740	0.500	1.000	1.000	0.6666667	0.7500
-1.1377738	0.625	1.000	1.000	0.6153846	0.6875
-1.2146089	0.750	1.000	1.000	0.5714286	0.6250
-1.2148475	0.875	1.000	1.000	0.5333333	0.5625
-1.2157837	1.000	1.000	1.000	0.5000000	0.5000

## Utilizador 11

<i>Threshold</i>	PVP	PFP	Sensibilidade	Especificidade	Precisão
1.3910608	0.03448276	0.00000000	0.03448276	1.0000000	0.5172414
1.3767386	0.06896552	0.00000000	0.06896552	1.0000000	0.5344828
1.3153289	0.10344828	0.00000000	0.10344828	1.0000000	0.5517241
1.3097359	0.13793103	0.00000000	0.13793103	1.0000000	0.5689655
1.2918977	0.17241379	0.00000000	0.17241379	1.0000000	0.5862069
1.2407973	0.20689655	0.00000000	0.20689655	1.0000000	0.6034483
1.2020853	0.24137931	0.00000000	0.24137931	1.0000000	0.6206897
1.1896395	0.27586207	0.00000000	0.27586207	1.0000000	0.6379310
1.1567847	0.31034483	0.00000000	0.31034483	1.0000000	0.6551724
1.1166292	0.34482759	0.00000000	0.34482759	1.0000000	0.6724138
1.1159016	0.37931034	0.00000000	0.37931034	1.0000000	0.6896552
1.1095843	0.41379310	0.00000000	0.41379310	1.0000000	0.7068966
1.1038878	0.44827586	0.00000000	0.44827586	1.0000000	0.7241379
1.1032938	0.48275862	0.00000000	0.48275862	1.0000000	0.7413793
1.0900330	0.51724138	0.00000000	0.51724138	1.0000000	0.7586207
1.0712291	0.55172414	0.00000000	0.55172414	1.0000000	0.7758621
1.0625394	0.58620690	0.00000000	0.58620690	1.0000000	0.7931034
1.0529898	0.62068966	0.00000000	0.62068966	1.0000000	0.8103448
1.0371004	0.65517241	0.00000000	0.65517241	1.0000000	0.8275862
1.0271396	0.68965517	0.00000000	0.68965517	1.0000000	0.8448276
1.0004271	0.72413793	0.00000000	0.72413793	1.0000000	0.8620690
1.0002810	0.75862069	0.00000000	0.75862069	1.0000000	0.8793103
1.0002308	0.79310345	0.00000000	0.79310345	1.0000000	0.8965517
0.9998932	0.82758621	0.00000000	0.82758621	1.0000000	0.9137931
0.9998658	0.86206897	0.00000000	0.86206897	1.0000000	0.9310345
0.9997988	0.89655172	0.00000000	0.89655172	1.0000000	0.9482759
0.9997872	0.93103448	0.00000000	0.93103448	1.0000000	0.9655172

0.9996639	0.96551724	0.00000000	0.96551724	1.00000000	0.9827586
0.9996350	1.00000000	0.00000000	1.00000000	1.00000000	1.00000000
-0.9996395	1.00000000	0.03448276	1.00000000	0.9666667	0.9827586
-0.9996404	1.00000000	0.06896552	1.00000000	0.9354839	0.9655172
-0.9996575	1.00000000	0.10344828	1.00000000	0.9062500	0.9482759
-0.9997274	1.00000000	0.13793103	1.00000000	0.8787879	0.9310345
-1.0000647	1.00000000	0.17241379	1.00000000	0.8529412	0.9137931
-1.0000801	1.00000000	0.20689655	1.00000000	0.8285714	0.8965517
-1.0001143	1.00000000	0.24137931	1.00000000	0.8055556	0.8793103
-1.0001341	1.00000000	0.27586207	1.00000000	0.7837838	0.8620690
-1.0002079	1.00000000	0.31034483	1.00000000	0.7631579	0.8448276
-1.0003168	1.00000000	0.34482759	1.00000000	0.7435897	0.8275862
-1.0429899	1.00000000	0.37931034	1.00000000	0.7250000	0.8103448
-1.0575606	1.00000000	0.41379310	1.00000000	0.7073171	0.7931034
-1.0591440	1.00000000	0.44827586	1.00000000	0.6904762	0.7758621
-1.0627475	1.00000000	0.48275862	1.00000000	0.6744186	0.7586207
-1.1003071	1.00000000	0.51724138	1.00000000	0.6590909	0.7413793
-1.1172138	1.00000000	0.55172414	1.00000000	0.6444444	0.7241379
-1.1204094	1.00000000	0.58620690	1.00000000	0.6304348	0.7068966
-1.1365460	1.00000000	0.62068966	1.00000000	0.6170213	0.6896552
-1.1483810	1.00000000	0.65517241	1.00000000	0.6041667	0.6724138
-1.1715612	1.00000000	0.68965517	1.00000000	0.5918367	0.6551724
-1.1716488	1.00000000	0.72413793	1.00000000	0.5800000	0.6379310
-1.2078842	1.00000000	0.75862069	1.00000000	0.5686275	0.6206897
-1.2122065	1.00000000	0.79310345	1.00000000	0.5576923	0.6034483
-1.2719550	1.00000000	0.82758621	1.00000000	0.5471698	0.5862069
-1.3166792	1.00000000	0.86206897	1.00000000	0.5370370	0.5689655
-1.3347617	1.00000000	0.89655172	1.00000000	0.5272727	0.5517241
-1.4019215	1.00000000	0.93103448	1.00000000	0.5178571	0.5344828
-1.4183253	1.00000000	0.96551724	1.00000000	0.5087719	0.5172414
-1.4328295	1.00000000	1.00000000	1.00000000	0.5000000	0.5000000

As tabelas abaixo inseridas descrevem os resultados obtidos na análise de autenticação do utilizador.

## Utilizador 1

<i>Threshold</i>	<b>PVP</b>	<b>PFP</b>	<b>Sensibilidade</b>	<b>Especificidade</b>	<b>Precisão</b>
3.2050834	0.05263158	0.00000000	0.05263158	1.00000000	0.5263158
3.1566898	0.10526316	0.00000000	0.10526316	1.00000000	0.5526316
2.9714600	0.15789474	0.00000000	0.15789474	1.00000000	0.5789474
2.8003704	0.21052632	0.00000000	0.21052632	1.00000000	0.6052632
2.7946750	0.26315789	0.00000000	0.26315789	1.00000000	0.6315789
2.7568142	0.31578947	0.00000000	0.31578947	1.00000000	0.6578947

2.4765464	0.36842105	0.00000000	0.36842105	1.00000000	0.6842105
2.4524271	0.42105263	0.00000000	0.42105263	1.00000000	0.7105263
2.4450812	0.47368421	0.00000000	0.47368421	1.00000000	0.7368421
2.0452006	0.52631579	0.00000000	0.52631579	1.00000000	0.7631579
2.0409074	0.57894737	0.00000000	0.57894737	1.00000000	0.7894737
1.9053569	0.63157895	0.00000000	0.63157895	1.00000000	0.8157895
1.5928911	0.68421053	0.00000000	0.68421053	1.00000000	0.8421053
1.4879145	0.73684211	0.00000000	0.73684211	1.00000000	0.8684211
1.4299748	0.78947368	0.00000000	0.78947368	1.00000000	0.8947368
1.0002880	0.84210526	0.00000000	0.84210526	1.00000000	0.9210526
1.0001156	0.89473684	0.00000000	0.89473684	1.00000000	0.9473684
0.9995948	0.94736842	0.00000000	0.94736842	1.00000000	0.9736842
0.9995745 -	1.00000000	0.00000000	1.00000000	1.00000000	1.0000000
0.9997118 -	1.00000000	0.05263158	1.00000000	0.95000000	0.9736842
0.9997339 -	1.00000000	0.10526316	1.00000000	0.9047619	0.9473684
0.9999462 -	1.00000000	0.15789474	1.00000000	0.8636364	0.9210526
1.0001807 -	1.00000000	0.21052632	1.00000000	0.8260870	0.8947368
1.0174984 -	1.00000000	0.26315789	1.00000000	0.7916667	0.8684211
1.1608392 -	1.00000000	0.31578947	1.00000000	0.76000000	0.8421053
1.1645568	1.00000000	0.36842105	1.00000000	0.7307692	0.8157895
-1.1708186	1.00000000	0.42105263	1.00000000	0.7037037	0.7894737
-1.3489284	1.00000000	0.47368421	1.00000000	0.6785714	0.7631579
-1.4717710	1.00000000	0.52631579	1.00000000	0.6551724	0.7368421
-2.7101773	1.00000000	0.57894737	1.00000000	0.6333333	0.7105263
-2.7163382	1.00000000	0.63157895	1.00000000	0.6129032	0.6842105
-2.8691736	1.00000000	0.68421053	1.00000000	0.5937500	0.6578947
-2.9378097	1.00000000	0.73684211	1.00000000	0.5757576	0.6315789
-2.9586444	1.00000000	0.78947368	1.00000000	0.5588235	0.6052632
-3.2419178	1.00000000	0.84210526	1.00000000	0.5428571	0.5789474
-3.2499644	1.00000000	0.89473684	1.00000000	0.5277778	0.5526316
-3.2863408	1.00000000	0.94736842	1.00000000	0.5135135	0.5263158
-3.7181431	1.00000000	1.00000000	1.00000000	0.5000000	0.5000000

## Utilizador 2

<i>Threshold</i>	<b>PVP</b>	<b>PFP</b>	<b>Sensibilidade</b>	<b>Especificidade</b>	<b>Precisão</b>
1.4890854	0.03703704	0.00000000	0.03703704	1.00000000	0.5185185
1.4148091	0.07407407	0.00000000	0.07407407	1.00000000	0.5370370
1.4057304	0.11111111	0.00000000	0.11111111	1.00000000	0.5555556
1.4051683	0.14814815	0.00000000	0.14814815	1.00000000	0.5740741
1.3969962	0.18518519	0.00000000	0.18518519	1.00000000	0.5925926
1.3821490	0.22222222	0.00000000	0.22222222	1.00000000	0.6111111
1.3806198	0.25925926	0.00000000	0.25925926	1.00000000	0.6296296
1.3763682	0.29629630	0.00000000	0.29629630	1.00000000	0.6481481
1.3512306	0.33333333	0.00000000	0.33333333	1.00000000	0.6666667
1.3454653	0.37037037	0.00000000	0.37037037	1.00000000	0.6851852
1.3349159	0.40740741	0.00000000	0.40740741	1.00000000	0.7037037
1.3131964	0.44444444	0.00000000	0.44444444	1.00000000	0.7222222
1.2774754	0.48148148	0.00000000	0.48148148	1.00000000	0.7407407
1.2730783	0.51851852	0.00000000	0.51851852	1.00000000	0.7592593
1.2626681	0.55555556	0.00000000	0.55555556	1.00000000	0.7777778

1.2599850	0.59259259	0.00000000	0.59259259	1.00000000	0.7962963
1.2546636	0.62962963	0.00000000	0.62962963	1.00000000	0.8148148
1.2479196	0.66666667	0.00000000	0.66666667	1.00000000	0.8333333
1.2423134	0.70370370	0.00000000	0.70370370	1.00000000	0.8518519
1.1816889	0.74074074	0.00000000	0.74074074	1.00000000	0.8703704
1.1602240	0.77777778	0.00000000	0.77777778	1.00000000	0.8888889
1.1412442	0.81481481	0.00000000	0.81481481	1.00000000	0.9074074
1.0947756	0.85185185	0.00000000	0.85185185	1.00000000	0.9259259
1.0914057	0.88888889	0.00000000	0.88888889	1.00000000	0.9444444
1.0000545	0.92592593	0.00000000	0.92592593	1.00000000	0.9629630
0.9999941	0.96296296	0.00000000	0.96296296	1.00000000	0.9814815
0.9999703 -	1.00000000	0.00000000	1.00000000	1.00000000	1.0000000
0.9997127 -	1.00000000	0.03703704	1.00000000	0.9642857	0.9814815
0.9997904 -	1.00000000	0.07407407	1.00000000	0.9310345	0.9629630
0.9999852 -	1.00000000	0.11111111	1.00000000	0.9000000	0.9444444
1.0000573 -	1.00000000	0.14814815	1.00000000	0.8709677	0.9259259
1.0000998 -	1.00000000	0.18518519	1.00000000	0.8437500	0.9074074
1.0001144 -	1.00000000	0.22222222	1.00000000	0.8181818	0.8888889
1.0001295 -	1.00000000	0.25925926	1.00000000	0.7941176	0.8703704
1.0001296	1.00000000	0.29629630	1.00000000	0.7714286	0.8518519
-1.0736263	1.00000000	0.33333333	1.00000000	0.7500000	0.8333333
-1.0940443	1.00000000	0.37037037	1.00000000	0.7297297	0.8148148
-1.1547397	1.00000000	0.40740741	1.00000000	0.7105263	0.7962963
-1.1670778	1.00000000	0.44444444	1.00000000	0.6923077	0.7777778
-1.2113733	1.00000000	0.48148148	1.00000000	0.6750000	0.7592593
-1.3014478	1.00000000	0.51851852	1.00000000	0.6585366	0.7407407
-1.3212538	1.00000000	0.55555556	1.00000000	0.6428571	0.7222222
-1.3486255	1.00000000	0.59259259	1.00000000	0.6279070	0.7037037
-1.6382705	1.00000000	0.62962963	1.00000000	0.6136364	0.6851852
-1.6567675	1.00000000	0.66666667	1.00000000	0.6000000	0.6666667
-1.7794608	1.00000000	0.70370370	1.00000000	0.5869565	0.6481481
-2.0082431	1.00000000	0.74074074	1.00000000	0.5744681	0.6296296
-2.0507684	1.00000000	0.77777778	1.00000000	0.5625000	0.6111111
-2.2233389	1.00000000	0.81481481	1.00000000	0.5510204	0.5925926
-2.2997681	1.00000000	0.85185185	1.00000000	0.5400000	0.5740741
-2.3664376	1.00000000	0.88888889	1.00000000	0.5294118	0.5555556
-2.4850596	1.00000000	0.92592593	1.00000000	0.5192308	0.5370370
-2.5213413	1.00000000	0.96296296	1.00000000	0.5094340	0.5185185
-2.5368784	1.00000000	1.00000000	1.00000000	0.5000000	0.5000000

### Utilizador 3

<i>Threshold</i>	PVP	PPF	Sensibilidade	Especificidade	Precisão
3.1238680	0.02040816	0.00000000	0.02040816	1.00000000	0.5102041
3.1197030	0.04081633	0.00000000	0.04081633	1.00000000	0.5204082
3.1162833	0.06122449	0.00000000	0.06122449	1.00000000	0.5306122
3.0992490	0.08163265	0.00000000	0.08163265	1.00000000	0.5408163
3.0906832	0.10204082	0.00000000	0.10204082	1.00000000	0.5510204
3.0898149	0.12244898	0.00000000	0.12244898	1.00000000	0.5612245
3.0843108	0.14285714	0.00000000	0.14285714	1.00000000	0.5714286
3.0417084	0.16326531	0.00000000	0.16326531	1.00000000	0.5816327

3.0391972	0.18367347	0.00000000	0.18367347	1.00000000	0.5918367
3.0277132	0.20408163	0.00000000	0.20408163	1.00000000	0.6020408
3.0154259	0.22448980	0.00000000	0.22448980	1.00000000	0.6122449
3.0111832	0.24489796	0.00000000	0.24489796	1.00000000	0.6224490
2.9666870	0.26530612	0.00000000	0.26530612	1.00000000	0.6326531
2.9383723	0.28571429	0.00000000	0.28571429	1.00000000	0.6428571
2.9257291	0.30612245	0.00000000	0.30612245	1.00000000	0.6530612
2.9016355	0.32653061	0.00000000	0.32653061	1.00000000	0.6632653
2.8831567	0.34693878	0.00000000	0.34693878	1.00000000	0.6734694
2.8660866	0.36734694	0.00000000	0.36734694	1.00000000	0.6836735
2.8158293	0.38775510	0.00000000	0.38775510	1.00000000	0.6938776
2.8058531	0.40816327	0.00000000	0.40816327	1.00000000	0.7040816
2.7845947	0.42857143	0.00000000	0.42857143	1.00000000	0.7142857
2.7330315	0.44897959	0.00000000	0.44897959	1.00000000	0.7244898
2.7292300	0.46938776	0.00000000	0.46938776	1.00000000	0.7346939
2.7283847	0.48979592	0.00000000	0.48979592	1.00000000	0.7448980
2.7126189	0.51020408	0.00000000	0.51020408	1.00000000	0.7551020
2.7111887	0.53061224	0.00000000	0.53061224	1.00000000	0.7653061
2.7080610	0.55102041	0.00000000	0.55102041	1.00000000	0.7755102
2.6659492	0.57142857	0.00000000	0.57142857	1.00000000	0.7857143
2.6446298	0.59183673	0.00000000	0.59183673	1.00000000	0.7959184
2.6224133	0.61224490	0.00000000	0.61224490	1.00000000	0.8061224
2.4958301	0.63265306	0.00000000	0.63265306	1.00000000	0.8163265
2.4501125	0.65306122	0.00000000	0.65306122	1.00000000	0.8265306
2.4286902	0.67346939	0.00000000	0.67346939	1.00000000	0.8367347
2.3036475	0.69387755	0.00000000	0.69387755	1.00000000	0.8469388
2.3024507	0.71428571	0.00000000	0.71428571	1.00000000	0.8571429
2.2888901	0.73469388	0.00000000	0.73469388	1.00000000	0.8673469
2.1754979	0.75510204	0.00000000	0.75510204	1.00000000	0.8775510
2.1026966	0.77551020	0.00000000	0.77551020	1.00000000	0.8877551
1.8810207	0.79591837	0.00000000	0.79591837	1.00000000	0.8979592
1.8783760	0.81632653	0.00000000	0.81632653	1.00000000	0.9081633
1.8378203	0.83673469	0.00000000	0.83673469	1.00000000	0.9183673
1.6233277	0.85714286	0.00000000	0.85714286	1.00000000	0.9285714
1.5129409	0.87755102	0.00000000	0.87755102	1.00000000	0.9387755
1.4799164	0.89795918	0.00000000	0.89795918	1.00000000	0.9489796
1.4271085	0.91836735	0.00000000	0.91836735	1.00000000	0.9591837
1.1930032	0.93877551	0.00000000	0.93877551	1.00000000	0.9693878
1.0641049	0.95918367	0.00000000	0.95918367	1.00000000	0.9795918
1.0001926	0.97959184	0.00000000	0.97959184	1.00000000	0.9897959
0.9998079	1.00000000	0.00000000	1.00000000	1.00000000	1.0000000
-0.9998063	1.00000000	0.02040816	1.00000000	0.9800000	0.9897959
-0.9998391	1.00000000	0.04081633	1.00000000	0.9607843	0.9795918
-1.0003554	1.00000000	0.06122449	1.00000000	0.9423077	0.9693878
-1.1120922	1.00000000	0.08163265	1.00000000	0.9245283	0.9591837
-1.1223141	1.00000000	0.10204082	1.00000000	0.9074074	0.9489796
-1.1778934	1.00000000	0.12244898	1.00000000	0.8909091	0.9387755
-1.2166755	1.00000000	0.14285714	1.00000000	0.8750000	0.9285714
-1.2270267	1.00000000	0.16326531	1.00000000	0.8596491	0.9183673
-1.2688608	1.00000000	0.18367347	1.00000000	0.8448276	0.9081633
-1.2713204	1.00000000	0.20408163	1.00000000	0.8305085	0.8979592
-1.2802755	1.00000000	0.22448980	1.00000000	0.8166667	0.8877551
-1.3005438	1.00000000	0.24489796	1.00000000	0.8032787	0.8775510



-1.3399840	1.00000000	0.26530612	1.00000000	0.7903226	0.8673469
-1.3838386	1.00000000	0.28571429	1.00000000	0.7777778	0.8571429
-1.3954474	1.00000000	0.30612245	1.00000000	0.7656250	0.8469388
-1.4165208	1.00000000	0.32653061	1.00000000	0.7538462	0.8367347
-1.5352597	1.00000000	0.34693878	1.00000000	0.7424242	0.8265306
-1.6346368	1.00000000	0.36734694	1.00000000	0.7313433	0.8163265
-1.7929069	1.00000000	0.38775510	1.00000000	0.7205882	0.8061224
-2.5586131	1.00000000	0.42857143	1.00000000	0.7000000	0.7857143
-2.6145305	1.00000000	0.44897959	1.00000000	0.6901408	0.7755102
-2.6529796	1.00000000	0.46938776	1.00000000	0.6805556	0.7653061
-2.6908672	1.00000000	0.48979592	1.00000000	0.6712329	0.7551020
-2.7056224	1.00000000	0.53061224	1.00000000	0.6533333	0.7346939
-2.7518350	1.00000000	0.55102041	1.00000000	0.6447368	0.7244898
-2.8437136	1.00000000	0.57142857	1.00000000	0.6363636	0.7142857
-2.8503761	1.00000000	0.61224490	1.00000000	0.6202532	0.6938776
-2.8551752	1.00000000	0.63265306	1.00000000	0.6125000	0.6836735
-2.8601532	1.00000000	0.67346939	1.00000000	0.5975610	0.6632653
-2.9972479	1.00000000	0.69387755	1.00000000	0.5903614	0.6530612
-3.0531284	1.00000000	0.71428571	1.00000000	0.5833333	0.6428571
-3.2887055	1.00000000	0.73469388	1.00000000	0.5764706	0.6326531
-3.3638668	1.00000000	0.75510204	1.00000000	0.5697674	0.6224490
-3.3897383	1.00000000	0.77551020	1.00000000	0.5632184	0.6122449
-3.5632651	1.00000000	0.79591837	1.00000000	0.5568182	0.6020408
-3.5972498	1.00000000	0.81632653	1.00000000	0.5505618	0.5918367
-3.6243802	1.00000000	0.83673469	1.00000000	0.5444444	0.5816327
-3.7321726	1.00000000	0.85714286	1.00000000	0.5384615	0.5714286
-3.7462094	1.00000000	0.87755102	1.00000000	0.5326087	0.5612245
-3.7696751	1.00000000	0.89795918	1.00000000	0.5268817	0.5510204
-3.7739901	1.00000000	0.91836735	1.00000000	0.5212766	0.5408163
-3.8640128	1.00000000	0.93877551	1.00000000	0.5157895	0.5306122
-3.9538411	1.00000000	0.95918367	1.00000000	0.5104167	0.5204082
-3.9540256	1.00000000	0.97959184	1.00000000	0.5051546	0.5102041
-3.9818378	1.00000000	1.00000000	1.00000000	0.5000000	0.5000000

## Utilizador 4

<i>Threshold</i>	<b>PVP</b>	<b>PPF</b>	<b>Sensibilidade</b>	<b>Especificidade</b>	<b>Precisão</b>
1.0396795	0.02857143	0.00000000	0.02857143	1.0000000	0.5285714
1.0198116	0.05714286	0.00000000	0.05714286	1.0000000	0.5428571
1.0093663	0.08571429	0.00000000	0.08571429	1.0000000	0.5571429
1.0079777	0.11428571	0.00000000	0.11428571	1.0000000	0.5714286
1.0055759	0.14285714	0.00000000	0.14285714	1.0000000	0.5857143
1.0053950	0.17142857	0.00000000	0.17142857	1.0000000	0.6000000
1.0044140	0.20000000	0.00000000	0.20000000	1.0000000	0.6142857
1.0043808	0.22857143	0.00000000	0.22857143	1.0000000	0.6285714
1.0040704	0.25714286	0.00000000	0.25714286	1.0000000	0.6428571
1.0040349	0.28571429	0.00000000	0.28571429	1.0000000	0.6571429
1.0039554	0.31428571	0.00000000	0.31428571	1.0000000	0.6714286
1.0031114	0.34285714	0.00000000	0.34285714	1.0000000	0.6857143
1.0025433	0.37142857	0.00000000	0.37142857	1.0000000	0.7000000
1.0024327	0.40000000	0.00000000	0.40000000	1.0000000	0.7142857

1.0023462	0.42857143	0.00000000	0.42857143	1.00000000	0.7285714
1.0020078	0.45714286	0.00000000	0.45714286	1.00000000	0.7428571
1.0019841	0.48571429	0.00000000	0.48571429	1.00000000	0.7571429
1.0019658	0.51428571	0.00000000	0.51428571	1.00000000	0.7714286
1.0019471	0.54285714	0.00000000	0.54285714	1.00000000	0.7857143
1.0018978	0.57142857	0.00000000	0.57142857	1.00000000	0.8000000
1.0011030	0.60000000	0.00000000	0.60000000	1.00000000	0.8142857
1.0010965	0.62857143	0.00000000	0.62857143	1.00000000	0.8285714
1.0004562	0.65714286	0.00000000	0.65714286	1.00000000	0.8428571
1.0003742	0.68571429	0.00000000	0.68571429	1.00000000	0.8571429
1.0002532	0.71428571	0.00000000	0.71428571	1.00000000	0.8714286
1.0001107	0.74285714	0.00000000	0.74285714	1.00000000	0.8857143
1.0000877	0.77142857	0.00000000	0.77142857	1.00000000	0.9000000
1.0000257	0.80000000	0.00000000	0.80000000	1.00000000	0.9142857
1.0000246	0.82857143	0.00000000	0.82857143	1.00000000	0.9285714
0.9999373	0.85714286	0.00000000	0.85714286	1.00000000	0.9428571
0.9999018	0.88571429	0.00000000	0.88571429	1.00000000	0.9571429
0.9998570	0.91428571	0.00000000	0.91428571	1.00000000	0.9714286
0.9998478	0.94285714	0.00000000	0.94285714	1.00000000	0.9857143
0.9997084	0.97142857	0.00000000	0.97142857	1.00000000	1.0000000
0.9995817	1.00000000	0.00000000	1.00000000	0.9722222	0.9857143
-0.9995684	1.00000000	0.02857143	1.00000000	0.9459459	0.9714286
-0.9996710	1.00000000	0.05714286	1.00000000	0.9210526	0.9571429
-1.0001402	1.00000000	0.08571429	1.00000000	0.8974359	0.9428571
-1.0001460	1.00000000	0.11428571	1.00000000	[41]	[41]
-1.0115781	1.00000000	0.14285714	1.00000000	0.8750000	0.9285714
-1.0118254	1.00000000	0.17142857	1.00000000	0.8536585	0.9142857
-1.0120059	1.00000000	0.20000000	1.00000000	0.8333333	0.9000000
-1.0529028	1.00000000	0.22857143	1.00000000	0.8139535	0.8857143
-1.1023781	1.00000000	0.25714286	1.00000000	0.7954545	0.8714286
-1.1605265	1.00000000	0.28571429	1.00000000	0.7777778	0.8571429
-1.1644829	1.00000000	0.31428571	1.00000000	0.7608696	0.8428571
-1.1700397	1.00000000	0.34285714	1.00000000	0.7446809	0.8285714
-1.2853067	1.00000000	0.37142857	1.00000000	0.7291667	0.8142857
-1.2868190	1.00000000	0.40000000	1.00000000	0.7142857	0.8000000
-1.7947937	1.00000000	0.42857143	1.00000000	0.7000000	0.7857143
-1.8319231	1.00000000	0.45714286	1.00000000	0.6862745	0.7714286
-2.1740725	1.00000000	0.48571429	1.00000000	0.6730769	0.7571429
-2.3249689	1.00000000	0.51428571	1.00000000	0.6603774	0.7428571
-2.6058330	1.00000000	0.54285714	1.00000000	0.6481481	0.7285714
-2.8719729	1.00000000	0.57142857	1.00000000	0.6363636	0.7142857
-2.8981224	1.00000000	0.60000000	1.00000000	0.6250000	0.7000000
-3.0101945	1.00000000	0.62857143	1.00000000	0.6140351	0.6857143
-3.0905138	1.00000000	0.65714286	1.00000000	0.6034483	0.6714286
-3.4169713	1.00000000	0.68571429	1.00000000	0.5932203	0.6571429
-3.4307364	1.00000000	0.71428571	1.00000000	0.5833333	0.6428571
-3.4924531	1.00000000	0.74285714	1.00000000	0.5737705	0.6285714
-3.5104768	1.00000000	0.77142857	1.00000000	0.5645161	0.6142857
-3.6461506	1.00000000	0.80000000	1.00000000	0.5555556	0.6000000
-3.6933845	1.00000000	0.82857143	1.00000000	0.5468750	0.5857143
-3.7485487	1.00000000	0.85714286	1.00000000	0.5384615	0.5714286
-3.7619962	1.00000000	0.88571429	1.00000000	0.5303030	0.5571429
-3.7650585	1.00000000	0.91428571	1.00000000	0.5223881	0.5428571

-3.7939138	1.00000000	0.94285714	1.00000000	0.5147059	0.5285714
-3.8257382	1.00000000	0.97142857	1.00000000	0.5072464	0.5142857
-3.9127259	1.00000000	1.00000000	1.00000000	0.5000000	0.5000000

## Utilizador 5

<i>Threshold</i>	PVP	PFP	Sensibilidade	Especificidade	Precisão
4.73886996	0.04545455	0.00000000	0.04545455	1.00000000	0.5227273
4.41507100	0.09090909	0.00000000	0.09090909	1.00000000	0.5454545
4.40575805	0.13636364	0.00000000	0.13636364	1.00000000	0.5681818
4.38920837	0.18181818	0.00000000	0.18181818	1.00000000	0.5909091
4.24702215	0.22727273	0.00000000	0.22727273	1.00000000	0.6136364
4.02079568	0.27272727	0.00000000	0.27272727	1.00000000	0.6363636
4.00086687	0.31818182	0.00000000	0.31818182	1.00000000	0.6590909
3.96176762	0.36363636	0.00000000	0.36363636	1.00000000	0.6818182
3.92083411	0.40909091	0.00000000	0.40909091	1.00000000	0.7045455
3.91966185	0.45454545	0.00000000	0.45454545	1.00000000	0.7272727
3.39387743	0.50000000	0.00000000	0.50000000	1.00000000	0.7500000
3.33085099	0.54545455	0.00000000	0.54545455	1.00000000	0.7727273
2.93779702	0.59090909	0.00000000	0.59090909	1.00000000	0.7954545
2.59665777	0.63636364	0.00000000	0.63636364	1.00000000	0.8181818
1.89262794	0.68181818	0.00000000	0.68181818	1.00000000	0.8409091
1.72279963	0.72727273	0.00000000	0.72727273	1.00000000	0.8636364
1.49948417	0.77272727	0.00000000	0.77272727	1.00000000	0.8863636
1.46979887	0.81818182	0.00000000	0.81818182	1.00000000	0.9090909
1.02107175	0.86363636	0.00000000	0.86363636	1.00000000	0.9318182
1.00018350	0.90909091	0.00000000	0.90909091	1.00000000	0.9545455
0.99986532	0.95454545	0.00000000	0.95454545	1.00000000	0.9772727
0.77819356 -	1.00000000	0.00000000	1.00000000	1.00000000	1.0000000
.08125584	1.00000000	0.04545455	1.00000000	0.9565217	0.9772727
-.28903372 -	1.00000000	0.09090909	1.00000000	0.9166667	0.9545455
.99982814 -	1.00000000	0.13636364	1.00000000	0.8800000	0.9318182
.99983358 -	1.00000000	0.18181818	1.00000000	0.8461538	0.9090909
1.00002425 -	1.00000000	0.22727273	1.00000000	0.8148148	0.8863636
1.00036673 -	1.00000000	0.27272727	1.00000000	0.7857143	0.8636364
1.07671651 -	1.00000000	0.31818182	1.00000000	0.7586207	0.8409091
1.25231966 -	1.00000000	0.36363636	1.00000000	0.7333333	0.8181818
1.31462235	1.00000000	0.40909091	1.00000000	0.7096774	0.7954545
-1.72851085	1.00000000	0.45454545	1.00000000	0.6875000	0.7727273
-1.79919427	1.00000000	0.50000000	1.00000000	0.6666667	0.7500000
-1.90377421	1.00000000	0.54545455	1.00000000	0.6470588	0.7272727
-1.98177160	1.00000000	0.59090909	1.00000000	0.6285714	0.7045455
-2.12445051	1.00000000	0.63636364	1.00000000	0.6111111	0.6818182
-2.27126198	1.00000000	0.68181818	1.00000000	0.5945946	0.6590909
-2.61548075	1.00000000	0.72727273	1.00000000	0.5789474	0.6363636
-2.63682947	1.00000000	0.77272727	1.00000000	0.5641026	0.6136364
-2.63940694	1.00000000	0.81818182	1.00000000	0.5500000	0.5909091
-2.67369109	1.00000000	0.86363636	1.00000000	0.5365854	0.5681818
-2.70226666	1.00000000	0.90909091	1.00000000	0.5238095	0.5454545
-2.89500566	1.00000000	0.95454545	1.00000000	0.5116279	0.5227273

-2.99901060	1.00000000	1.00000000	1.00000000	0.5000000	0.5000000
-------------	------------	------------	------------	-----------	-----------

## Utilizador 6

<i>Threshold</i>	PVP	PPV	Sensibilidade	Especificidade	Precisão
1.3026828	0.07142857	0.00000000	0.07142857	1.0000000	0.5357143
1.3026317	0.09523810	0.00000000	0.09523810	1.0000000	0.5476190
1.2884748	0.11904762	0.00000000	0.11904762	1.0000000	0.5595238
1.2833675	0.14285714	0.00000000	0.14285714	1.0000000	0.5714286
1.2772203	0.16666667	0.00000000	0.16666667	1.0000000	0.5833333
1.2599560	0.19047619	0.00000000	0.19047619	1.0000000	0.5952381
1.2545511	0.21428571	0.00000000	0.21428571	1.0000000	0.6071429
1.2474248	0.23809524	0.00000000	0.23809524	1.0000000	0.6190476
1.2261866	0.26190476	0.00000000	0.26190476	1.0000000	0.6309524
1.2174505	0.28571429	0.00000000	0.28571429	1.0000000	0.6428571
1.2160049	0.30952381	0.00000000	0.30952381	1.0000000	0.6547619
1.2054205	0.33333333	0.00000000	0.33333333	1.0000000	0.6666667
1.2001845	0.35714286	0.00000000	0.35714286	1.0000000	0.6785714
1.1985865	0.38095238	0.00000000	0.38095238	1.0000000	0.6904762
1.1791925	0.40476190	0.00000000	0.40476190	1.0000000	0.7023810
1.1650680	0.42857143	0.00000000	0.42857143	1.0000000	0.7142857
1.1592409	0.45238095	0.00000000	0.45238095	1.0000000	0.7261905
1.1588918	0.47619048	0.00000000	0.47619048	1.0000000	0.7380952
1.1549122	0.50000000	0.00000000	0.50000000	1.0000000	0.7500000
1.1458337	0.52380952	0.00000000	0.52380952	1.0000000	0.7619048
1.1428550	0.54761905	0.00000000	0.54761905	1.0000000	0.7738095
1.1420889	0.57142857	0.00000000	0.57142857	1.0000000	0.7857143
1.1338535	0.59523810	0.00000000	0.59523810	1.0000000	0.7976190
1.1260325	0.61904762	0.00000000	0.61904762	1.0000000	0.8095238
1.1257347	0.64285714	0.00000000	0.64285714	1.0000000	0.8214286
1.1131099	0.66666667	0.00000000	0.66666667	1.0000000	0.8333333
1.1061635	0.69047619	0.00000000	0.69047619	1.0000000	0.8452381
1.1054268	0.71428571	0.00000000	0.71428571	1.0000000	0.8571429
1.0966436	0.73809524	0.00000000	0.73809524	1.0000000	0.8690476
1.0886405	0.76190476	0.00000000	0.76190476	1.0000000	0.8809524
1.0853840	0.78571429	0.00000000	0.78571429	1.0000000	0.8928571
1.0763295	0.80952381	0.00000000	0.80952381	1.0000000	0.9047619
1.0711792	0.83333333	0.00000000	0.83333333	1.0000000	0.9166667
1.0687716	0.85714286	0.00000000	0.85714286	1.0000000	0.9285714
1.0483885	0.88095238	0.00000000	0.88095238	1.0000000	0.9404762
1.0227265	0.90476190	0.00000000	0.90476190	1.0000000	0.9523810
1.0158720	0.92857143	0.00000000	0.92857143	1.0000000	0.9642857
1.0001642	0.95238095	0.00000000	0.95238095	1.0000000	0.9761905
0.9999959	0.97619048	0.00000000	0.97619048	1.0000000	0.9880952
0.9999731	1.00000000	0.00000000	1.00000000	1.0000000	1.0000000
0.9998911	1.00000000	0.02380952	1.00000000	0.9767442	0.9880952
0.9964122 -	1.00000000	0.04761905	1.00000000	0.9545455	0.9761905
0.9468304 -	1.00000000	0.07142857	1.00000000	0.9333333	0.9642857
0.9900196	1.00000000	0.09523810	1.00000000	0.9130435	0.9523810
-0.9996211	1.00000000	0.11904762	1.00000000	0.8936170	0.9404762

-0.9999459	1.00000000	0.14285714	1.00000000	0.87500000	0.9285714
-1.0000159	1.00000000	0.16666667	1.00000000	0.8571429	0.9166667
-1.0000249	1.00000000	0.19047619	1.00000000	0.84000000	0.9047619
-1.0000634	1.00000000	0.21428571	1.00000000	0.8235294	0.8928571
-1.0003516	1.00000000	0.23809524	1.00000000	0.8076923	0.8809524
-1.0098283	1.00000000	0.26190476	1.00000000	0.7924528	0.8690476
-1.0173898	1.00000000	0.28571429	1.00000000	0.7777778	0.8571429
-1.0183154	1.00000000	0.30952381	1.00000000	0.7636364	0.8452381
-1.0195944	1.00000000	0.33333333	1.00000000	0.75000000	0.8333333
-1.0452697	1.00000000	0.35714286	1.00000000	0.7368421	0.8214286
-1.0612536	1.00000000	0.38095238	1.00000000	0.7241379	0.8095238
-1.1125798	1.00000000	0.40476190	1.00000000	0.7118644	0.7976190
-1.1161571	1.00000000	0.42857143	1.00000000	0.70000000	0.7857143
-1.2587614	1.00000000	0.45238095	1.00000000	0.6885246	0.7738095
-1.3086426	1.00000000	0.47619048	1.00000000	0.6774194	0.7619048
-1.3967771	1.00000000	0.50000000	1.00000000	0.6666667	0.75000000
-1.5613125	1.00000000	0.52380952	1.00000000	0.6562500	0.7380952
-3.5165063	1.00000000	0.54761905	1.00000000	0.6461538	0.7261905
-3.5219616	1.00000000	0.57142857	1.00000000	0.6363636	0.7142857
-3.7039199	1.00000000	0.59523810	1.00000000	0.6268657	0.7023810
-3.8854448	1.00000000	0.61904762	1.00000000	0.6176471	0.6904762
-4.0022688	1.00000000	0.64285714	1.00000000	0.6086957	0.6785714
-4.1023001	1.00000000	0.66666667	1.00000000	0.60000000	0.6666667
-4.4310421	1.00000000	0.69047619	1.00000000	0.5915493	0.6547619
-4.4331435	1.00000000	0.71428571	1.00000000	0.5833333	0.6428571
-4.5291482	1.00000000	0.73809524	1.00000000	0.5753425	0.6309524
-4.6129132	1.00000000	0.76190476	1.00000000	0.5675676	0.6190476
-4.6317510	1.00000000	0.78571429	1.00000000	0.56000000	0.6071429
-4.7181928	1.00000000	0.80952381	1.00000000	0.5526316	0.5952381
-4.7462241	1.00000000	0.83333333	1.00000000	0.5454545	0.5833333
-4.7599363	1.00000000	0.85714286	1.00000000	0.5384615	0.5714286
-4.7706221	1.00000000	0.88095238	1.00000000	0.5316456	0.5595238
-4.7978732	1.00000000	0.90476190	1.00000000	0.52500000	0.5476190
-4.9507977	1.00000000	0.92857143	1.00000000	0.5185185	0.5357143
-5.0772553	1.00000000	0.95238095	1.00000000	0.5121951	0.5238095
-5.3018516	1.00000000	0.97619048	1.00000000	0.5060241	0.5119048

## Utilizador 7

<i>Threshold</i>	PVP	PPF	Sensibilidade	Especificidade	Precisão
2.2635587	0.00000000	0.03030303	0.03030303	1.00000000	0.5151515
2.1073703	0.00000000	0.06060606	0.06060606	1.00000000	0.5303030
2.0325536	0.00000000	0.09090909	0.09090909	1.00000000	0.5454545
1.9977069	0.00000000	0.12121212	0.12121212	1.00000000	0.5606061
1.9964099	0.00000000	0.15151515	0.15151515	1.00000000	0.5757576
1.9887779	0.00000000	0.18181818	0.18181818	1.00000000	0.5909091
1.9443389	0.00000000	0.21212121	0.21212121	1.00000000	0.6060606
1.9251665	0.00000000	0.24242424	0.24242424	1.00000000	0.6212121
1.8948800	0.00000000	0.27272727	0.27272727	1.00000000	0.6363636
1.8882403	0.00000000	0.30303030	0.30303030	1.00000000	0.6515152

1.8687112	0.00000000	0.33333333	0.33333333	1.00000000	0.66666667
1.8561095	0.00000000	0.36363636	0.36363636	1.00000000	0.6818182
1.8058653	0.00000000	0.39393939	0.39393939	1.00000000	0.6969697
1.7798988	0.00000000	0.42424242	0.42424242	1.00000000	0.7121212
1.7686576	0.00000000	0.45454545	0.45454545	1.00000000	0.7272727
1.6947007	0.00000000	0.48484848	0.48484848	1.00000000	0.7424242
1.5706852	0.00000000	0.51515152	0.51515152	1.00000000	0.7575758
1.5441028	0.00000000	0.54545455	0.54545455	1.00000000	0.7727273
1.3624847	0.00000000	0.57575758	0.57575758	1.00000000	0.7878788
1.3576482	0.00000000	0.60606061	0.60606061	1.00000000	0.8030303
1.3277925	0.00000000	0.63636364	0.63636364	1.00000000	0.8181818
1.3231350	0.00000000	0.66666667	0.66666667	1.00000000	0.8333333
1.3073278	0.00000000	0.69696970	0.69696970	1.00000000	0.8484848
1.2926404	0.00000000	0.72727273	0.72727273	1.00000000	0.8636364
1.2716552	0.00000000	0.75757576	0.75757576	1.00000000	0.8787879
1.2329268	0.00000000	0.78787879	0.78787879	1.00000000	0.8939394
1.1693928	0.00000000	0.81818182	0.81818182	1.00000000	0.9090909
1.1653048	0.00000000	0.84848485	0.84848485	1.00000000	0.9242424
1.1211085	0.00000000	0.87878788	0.87878788	1.00000000	0.9393939
1.0589506	0.00000000	0.90909091	0.90909091	1.00000000	0.9545455
1.0085133	0.00000000	0.93939394	0.93939394	1.00000000	0.9696970
0.9999373	0.00000000	0.96969697	0.96969697	1.00000000	0.9848485
0.9998210 -	0.00000000	1.00000000	1.00000000	1.00000000	1.0000000
0.9997623 -	0.03030303	1.00000000	1.00000000	0.9705882	0.9848485
0.9998400 -	0.06060606	1.00000000	1.00000000	0.9428571	0.9696970
0.9999788 -	0.09090909	1.00000000	1.00000000	0.9166667	0.9545455
1.0001781 -	0.12121212	1.00000000	1.00000000	0.8918919	0.9393939
1.0064388 -	0.15151515	1.00000000	1.00000000	0.8684211	0.9242424
1.0279820	0.18181818	1.00000000	1.00000000	0.8461538	0.9090909
-1.0388733	0.21212121	1.00000000	1.00000000	0.8250000	0.8939394
-1.0974200	0.24242424	1.00000000	1.00000000	0.8048780	0.8787879
-1.0984828	0.27272727	1.00000000	1.00000000	0.7857143	0.8636364
-1.1147098	0.30303030	1.00000000	1.00000000	0.7674419	0.8484848
-1.1410440	0.33333333	1.00000000	1.00000000	0.7500000	0.8333333
-1.1538229	0.36363636	1.00000000	1.00000000	0.7333333	0.8181818
-1.1840862	0.39393939	1.00000000	1.00000000	0.7173913	0.8030303
-1.2521901	0.42424242	1.00000000	1.00000000	0.7021277	0.7878788
-1.3300829	0.45454545	1.00000000	1.00000000	0.6875000	0.7727273
-1.4776547	0.48484848	1.00000000	1.00000000	0.6734694	0.7575758
-1.5783409	0.51515152	1.00000000	1.00000000	0.6600000	0.7424242
-1.5996101	0.54545455	1.00000000	1.00000000	0.6470588	0.7272727
-1.6728213	0.57575758	1.00000000	1.00000000	0.6346154	0.7121212
-1.7549644	0.60606061	1.00000000	1.00000000	0.6226415	0.6969697
-1.7833101	0.63636364	1.00000000	1.00000000	0.6111111	0.6818182
-1.7915652	0.66666667	1.00000000	1.00000000	0.6000000	0.6666667
-1.8089604	0.69696970	1.00000000	1.00000000	0.5892857	0.6515152
-1.8193263	0.72727273	1.00000000	1.00000000	0.5789474	0.6363636
-1.8501557	0.75757576	1.00000000	1.00000000	0.5689655	0.6212121
-2.2719434	0.78787879	1.00000000	1.00000000	0.5593220	0.6060606
-2.6643335	0.81818182	1.00000000	1.00000000	0.5500000	0.5909091
-2.8628465	0.84848485	1.00000000	1.00000000	0.5409836	0.5757576
-2.9817451	0.87878788	1.00000000	1.00000000	0.5322581	0.5606061
-3.0224841	0.90909091	1.00000000	1.00000000	0.5238095	0.5454545

-3.7425338	0.93939394	1.00000000	1.00000000	0.5156250	0.5303030
-3.8758065	0.96969697	1.00000000	1.00000000	0.5076923	0.5151515
-3.9010730	1.00000000	1.00000000	1.00000000	0.5000000	0.5000000

## Utilizador 8

<i>Threshold</i>	PVP	PPF	Sensibilidade	Especificidade	Precisão
1.2102991	0.05263158	0.00000000	0.05263158	1.0000000	0.5263158
1.1499393	0.10526316	0.00000000	0.10526316	1.0000000	0.5526316
1.1470869	0.15789474	0.00000000	0.15789474	1.0000000	0.5789474
1.1246862	0.21052632	0.00000000	0.21052632	1.0000000	0.6052632
1.1195676	0.26315789	0.00000000	0.26315789	1.0000000	0.6315789
1.1150019	0.31578947	0.00000000	0.31578947	1.0000000	0.6578947
1.1094342	0.36842105	0.00000000	0.36842105	1.0000000	0.6842105
1.1060424	0.42105263	0.00000000	0.42105263	1.0000000	0.7105263
1.0848128	0.47368421	0.00000000	0.47368421	1.0000000	0.7368421
1.0837735	0.52631579	0.00000000	0.52631579	1.0000000	0.7631579
1.0266188	0.57894737	0.00000000	0.57894737	1.0000000	0.7894737
1.0074705	0.63157895	0.00000000	0.63157895	1.0000000	0.8157895
1.0065407	0.68421053	0.00000000	0.68421053	1.0000000	0.8421053
1.0041121	0.73684211	0.00000000	0.73684211	1.0000000	0.8684211
1.0001011	0.78947368	0.00000000	0.78947368	1.0000000	0.8947368
0.9997614	0.84210526	0.00000000	0.84210526	1.0000000	0.9210526
0.9997418	0.89473684	0.00000000	0.89473684	1.0000000	0.9473684
0.9997417	0.94736842	0.00000000	0.94736842	1.0000000	0.9736842
0.9995215 -	1.00000000	0.00000000	1.00000000	1.0000000	1.0000000
0.9995985 -	1.00000000	0.05263158	1.00000000	0.9500000	0.9736842
0.9997014 -	1.00000000	0.10526316	1.00000000	0.9047619	0.9473684
0.9997543 -	1.00000000	0.15789474	1.00000000	0.8636364	0.9210526
0.9998132 -	1.00000000	0.21052632	1.00000000	0.8260870	0.8947368
1.0023061 -	1.00000000	0.26315789	1.00000000	0.7916667	0.8684211
1.0192491 -	1.00000000	0.31578947	1.00000000	0.7600000	0.8421053
1.0404855	1.00000000	0.36842105	1.00000000	0.7307692	0.8157895
-1.0561763	1.00000000	0.42105263	1.00000000	0.7037037	0.7894737
-1.0654646	1.00000000	0.47368421	1.00000000	0.6785714	0.7631579
-1.0865802	1.00000000	0.52631579	1.00000000	0.6551724	0.7368421
-1.1033124	1.00000000	0.57894737	1.00000000	0.6333333	0.7105263
-1.1801808	1.00000000	0.63157895	1.00000000	0.6129032	0.6842105
-1.3343565	1.00000000	0.68421053	1.00000000	0.5937500	0.6578947
-1.3421422	1.00000000	0.73684211	1.00000000	0.5757576	0.6315789
-1.3581554	1.00000000	0.78947368	1.00000000	0.5588235	0.6052632
-1.3937662	1.00000000	0.84210526	1.00000000	0.5428571	0.5789474
-1.4053483	1.00000000	0.89473684	1.00000000	0.5277778	0.5526316
-1.4313374	1.00000000	0.94736842	1.00000000	0.5135135	0.5263158
-1.4374885	1.00000000	1.00000000	1.00000000	0.5000000	0.5000000

## Utilizador 9

<i>Threshold</i>	PVP	PPF	Sensibilidade	Especificidade	Precisão
3.2231842	0.01960784	0.00000000	0.01960784	1.00000000	0.5098039
3.1947594	0.03921569	0.00000000	0.03921569	1.00000000	0.5196078
3.1031736	0.05882353	0.00000000	0.05882353	1.00000000	0.5294118
3.0884916	0.07843137	0.00000000	0.07843137	1.00000000	0.5392157
2.8734934	0.09803922	0.00000000	0.09803922	1.00000000	0.5490196
2.7401334	0.11764706	0.00000000	0.11764706	1.00000000	0.5588235
2.7257807	0.13725490	0.00000000	0.13725490	1.00000000	0.5686275
2.6316324	0.15686275	0.00000000	0.15686275	1.00000000	0.5784314
2.5044401	0.17647059	0.00000000	0.17647059	1.00000000	0.5882353
2.4832957	0.19607843	0.00000000	0.19607843	1.00000000	0.5980392
2.4699264	0.21568627	0.00000000	0.21568627	1.00000000	0.6078431
2.4462385	0.23529412	0.00000000	0.23529412	1.00000000	0.6176471
2.4092021	0.25490196	0.00000000	0.25490196	1.00000000	0.6274510
2.3752168	0.27450980	0.00000000	0.27450980	1.00000000	0.6372549
2.3582004	0.29411765	0.00000000	0.29411765	1.00000000	0.6470588
2.3537133	0.31372549	0.00000000	0.31372549	1.00000000	0.6568627
2.3074858	0.33333333	0.00000000	0.33333333	1.00000000	0.6666667
2.2813354	0.35294118	0.00000000	0.35294118	1.00000000	0.6764706
2.2806557	0.37254902	0.00000000	0.37254902	1.00000000	0.6862745
2.1522707	0.39215686	0.00000000	0.39215686	1.00000000	0.6960784
2.0936285	0.41176471	0.00000000	0.41176471	1.00000000	0.7058824
2.0685931	0.43137255	0.00000000	0.43137255	1.00000000	0.7156863
2.0490843	0.45098039	0.00000000	0.45098039	1.00000000	0.7254902
2.0132664	0.47058824	0.00000000	0.47058824	1.00000000	0.7352941
1.9945080	0.49019608	0.00000000	0.49019608	1.00000000	0.7450980
1.9683287	0.50980392	0.00000000	0.50980392	1.00000000	0.7549020
1.9582944	0.52941176	0.00000000	0.52941176	1.00000000	0.7647059
1.9496358	0.54901961	0.00000000	0.54901961	1.00000000	0.7745098
1.9172229	0.56862745	0.00000000	0.56862745	1.00000000	0.7843137
1.8748016	0.58823529	0.00000000	0.58823529	1.00000000	0.7941176
1.8690675	0.60784314	0.00000000	0.60784314	1.00000000	0.8039216
1.7895105	0.62745098	0.00000000	0.62745098	1.00000000	0.8137255
1.7803348	0.64705882	0.00000000	0.64705882	1.00000000	0.8235294
1.6795556	0.66666667	0.00000000	0.66666667	1.00000000	0.8333333
1.6555619	0.68627451	0.00000000	0.68627451	1.00000000	0.8431373
1.5843949	0.70588235	0.00000000	0.70588235	1.00000000	0.8529412
1.5393640	0.72549020	0.00000000	0.72549020	1.00000000	0.8627451
1.5133817	0.74509804	0.00000000	0.74509804	1.00000000	0.8725490
1.5084876	0.76470588	0.00000000	0.76470588	1.00000000	0.8823529
1.4762916	0.78431373	0.00000000	0.78431373	1.00000000	0.8921569
1.4495006	0.80392157	0.00000000	0.80392157	1.00000000	0.9019608
1.4351171	0.82352941	0.00000000	0.82352941	1.00000000	0.9117647
1.4200077	0.84313725	0.00000000	0.84313725	1.00000000	0.9215686
1.3783738	0.86274510	0.00000000	0.86274510	1.00000000	0.9313725
1.2975382	0.88235294	0.00000000	0.88235294	1.00000000	0.9411765
1.1640580	0.90196078	0.00000000	0.90196078	1.00000000	0.9509804
1.1237045	0.92156863	0.00000000	0.92156863	1.00000000	0.9607843
1.0003175	0.94117647	0.00000000	0.94117647	1.00000000	0.9705882
1.0003034	0.96078431	0.00000000	0.96078431	1.00000000	0.9803922



0.9994414	0.98039216	0.00000000	0.98039216	1.00000000	0.9901961
-0.9996386	1.00000000	0.00000000	1.00000000	1.00000000	1.00000000
-0.9996401	1.00000000	0.01960784	1.00000000	0.9807692	0.9901961
-0.9997673	1.00000000	0.03921569	1.00000000	0.9622642	0.9803922
-0.9997926	1.00000000	0.05882353	1.00000000	0.9444444	0.9705882
-1.0000399	1.00000000	0.07843137	1.00000000	0.9272727	0.9607843
-1.0005614	1.00000000	0.09803922	1.00000000	0.9107143	0.9509804
-1.0006249	1.00000000	0.11764706	1.00000000	0.8947368	0.9411765
-1.0119666	1.00000000	0.13725490	1.00000000	0.8793103	0.9313725
-1.0154637	1.00000000	0.15686275	1.00000000	0.8644068	0.9215686
-1.0743477	1.00000000	0.17647059	1.00000000	0.8500000	0.9117647
-1.0819526	1.00000000	0.19607843	1.00000000	0.8360656	0.9019608
-1.0822541	1.00000000	0.21568627	1.00000000	0.8225806	0.8921569
-1.1110106	1.00000000	0.23529412	1.00000000	0.8095238	0.8823529
-1.1550585	1.00000000	0.25490196	1.00000000	0.7968750	0.8725490
-1.2060569	1.00000000	0.27450980	1.00000000	0.7846154	0.8627451
-1.2210492	1.00000000	0.29411765	1.00000000	0.7727273	0.8529412
-1.2245412	1.00000000	0.31372549	1.00000000	0.7611940	0.8431373
-1.2751512	1.00000000	0.33333333	1.00000000	0.7500000	0.8333333
-1.3084353	1.00000000	0.35294118	1.00000000	0.7391304	0.8235294
-1.3725111	1.00000000	0.37254902	1.00000000	0.7285714	0.8137255
-1.3769433	1.00000000	0.39215686	1.00000000	0.7183099	0.8039216
-1.6195291	1.00000000	0.41176471	1.00000000	0.7083333	0.7941176
-1.6528830	1.00000000	0.43137255	1.00000000	0.6986301	0.7843137
-1.6579812	1.00000000	0.45098039	1.00000000	0.6891892	0.7745098
-1.7285594	1.00000000	0.47058824	1.00000000	0.6800000	0.7647059
-1.7449672	1.00000000	0.49019608	1.00000000	0.6710526	0.7549020
-1.7614726	1.00000000	0.50980392	1.00000000	0.6623377	0.7450980
-1.7906012	1.00000000	0.52941176	1.00000000	0.6538462	0.7352941
-1.9697538	1.00000000	0.54901961	1.00000000	0.6455696	0.7254902
-2.0216448	1.00000000	0.56862745	1.00000000	0.6375000	0.7156863
-2.0444307	1.00000000	0.58823529	1.00000000	0.6296296	0.7058824
-2.1333358	1.00000000	0.60784314	1.00000000	0.6219512	0.6960784
-2.1560590	1.00000000	0.62745098	1.00000000	0.6144578	0.6862745
-2.2174185	1.00000000	0.64705882	1.00000000	0.6071429	0.6764706
-2.3072419	1.00000000	0.66666667	1.00000000	0.6000000	0.6666667
-2.3131251	1.00000000	0.68627451	1.00000000	0.5930233	0.6568627
-2.4887493	1.00000000	0.70588235	1.00000000	0.5862069	0.6470588
-2.4891029	1.00000000	0.72549020	1.00000000	0.5795455	0.6372549
-2.5192856	1.00000000	0.74509804	1.00000000	0.5730337	0.6274510
-2.6245162	1.00000000	0.76470588	1.00000000	0.5666667	0.6176471
-2.6447930	1.00000000	0.78431373	1.00000000	0.5604396	0.6078431
-2.6456780	1.00000000	0.80392157	1.00000000	0.5543478	0.5980392
-3.4601292	1.00000000	0.82352941	1.00000000	0.5483871	0.5882353
-3.9723658	1.00000000	0.84313725	1.00000000	0.5425532	0.5784314
-4.3675359	1.00000000	0.86274510	1.00000000	0.5368421	0.5686275

## Utilizador 10

<i>Threshold</i>	<b>PVP</b>	<b>PPF</b>	<b>Sensibilidade</b>	<b>Especificidade</b>	<b>Precisão</b>
1.9047027	0.02127660	0.00000000	0.02127660	1.00000000	0.5106383
1.9033892	0.04255319	0.00000000	0.04255319	1.00000000	0.5212766
1.9028944	0.06382979	0.00000000	0.06382979	1.00000000	0.5319149
1.8353136	0.08510638	0.00000000	0.08510638	1.00000000	0.5425532
1.7792769	0.10638298	0.00000000	0.10638298	1.00000000	0.5531915
1.7774934	0.12765957	0.00000000	0.12765957	1.00000000	0.5638298
1.7606682	0.14893617	0.00000000	0.14893617	1.00000000	0.5744681
1.7480143	0.17021277	0.00000000	0.17021277	1.00000000	0.5851064
1.7413774	0.19148936	0.00000000	0.19148936	1.00000000	0.5957447
1.7392778	0.21276596	0.00000000	0.21276596	1.00000000	0.6063830
1.7349389	0.23404255	0.00000000	0.23404255	1.00000000	0.6170213
1.7200166	0.25531915	0.00000000	0.25531915	1.00000000	0.6276596
1.7127251	0.27659574	0.00000000	0.27659574	1.00000000	0.6382979
1.6926373	0.29787234	0.00000000	0.29787234	1.00000000	0.6489362
1.6900703	0.31914894	0.00000000	0.31914894	1.00000000	0.6595745
1.6790123	0.34042553	0.00000000	0.34042553	1.00000000	0.6702128
1.6787364	0.36170213	0.00000000	0.36170213	1.00000000	0.6808511
1.6225053	0.38297872	0.00000000	0.38297872	1.00000000	0.6914894
1.6220587	0.40425532	0.00000000	0.40425532	1.00000000	0.7021277
1.6173990	0.42553191	0.00000000	0.42553191	1.00000000	0.7127660
1.6164096	0.44680851	0.00000000	0.44680851	1.00000000	0.7234043
1.6153616	0.46808511	0.00000000	0.46808511	1.00000000	0.7340426
1.6011533	0.48936170	0.00000000	0.48936170	1.00000000	0.7446809
1.5698818	0.51063830	0.00000000	0.51063830	1.00000000	0.7553191
1.5267315	0.53191489	0.00000000	0.53191489	1.00000000	0.7659574
1.5113440	0.55319149	0.00000000	0.55319149	1.00000000	0.7765957
1.4961124	0.57446809	0.00000000	0.57446809	1.00000000	0.7872340
1.4805068	0.59574468	0.00000000	0.59574468	1.00000000	0.7978723
1.4314802	0.61702128	0.00000000	0.61702128	1.00000000	0.8085106
1.4075117	0.63829787	0.00000000	0.63829787	1.00000000	0.8191489
1.3987136	0.65957447	0.00000000	0.65957447	1.00000000	0.8297872
1.3901786	0.68085106	0.00000000	0.68085106	1.00000000	0.8404255
1.3892551	0.70212766	0.00000000	0.70212766	1.00000000	0.8510638
1.3590641	0.72340426	0.00000000	0.72340426	1.00000000	0.8617021
1.2879111	0.74468085	0.00000000	0.74468085	1.00000000	0.8723404
1.2807651	0.76595745	0.00000000	0.76595745	1.00000000	0.8829787
1.2521450	0.78723404	0.00000000	0.78723404	1.00000000	0.8936170
1.2410859	0.80851064	0.00000000	0.80851064	1.00000000	0.9042553
1.2369443	0.82978723	0.00000000	0.82978723	1.00000000	0.9148936
1.2030940	0.85106383	0.00000000	0.85106383	1.00000000	0.9255319
1.1985159	0.87234043	0.00000000	0.87234043	1.00000000	0.9361702
1.1545000	0.89361702	0.00000000	0.89361702	1.00000000	0.9468085
1.0554168	0.91489362	0.00000000	0.91489362	1.00000000	0.9574468
1.0003061	0.93617021	0.00000000	0.93617021	1.00000000	0.9680851
1.0002359	0.95744681	0.00000000	0.95744681	1.00000000	0.9787234
0.9999733	0.97872340	0.00000000	0.97872340	1.00000000	0.9893617
0.9995268 -	1.00000000	0.00000000	1.00000000	1.00000000	1.0000000
0.9997272 -	1.00000000	0.02127660	1.00000000	0.9791667	0.9893617
0.9998003 -	1.00000000	0.04255319	1.00000000	0.9591837	0.9787234
0.9998065 -	1.00000000	0.06382979	1.00000000	0.9400000	0.9680851

0.9998066 -	1.00000000	0.08510638	1.00000000	0.9215686	0.9574468
0.9998768 -	1.00000000	0.10638298	1.00000000	0.9038462	0.9468085
1.0003693	1.00000000	0.12765957	1.00000000	0.8867925	0.9361702
-1.0006557	1.00000000	0.14893617	1.00000000	0.8703704	0.9255319
-1.0032137	1.00000000	0.17021277	1.00000000	0.8545455	0.9148936
-1.0122600	1.00000000	0.21276596	1.00000000	0.8245614	0.8936170
-1.0208023	1.00000000	0.23404255	1.00000000	0.8103448	0.8829787
-1.0250398	1.00000000	0.25531915	1.00000000	0.7966102	0.8723404
-1.0364523	1.00000000	0.27659574	1.00000000	0.7833333	0.8617021
-1.0411633	1.00000000	0.29787234	1.00000000	0.7704918	0.8510638
-1.0508603	1.00000000	0.31914894	1.00000000	0.7580645	0.8404255
-1.0514054	1.00000000	0.34042553	1.00000000	0.7460317	0.8297872
-1.0519014	1.00000000	0.36170213	1.00000000	0.7343750	0.8191489
-1.0530662	1.00000000	0.38297872	1.00000000	0.7230769	0.8085106
-1.0533589	1.00000000	0.40425532	1.00000000	0.7121212	0.7978723
-1.0568513	1.00000000	0.42553191	1.00000000	0.7014925	0.7872340
-1.0582929	1.00000000	0.44680851	1.00000000	0.6911765	0.7765957
-1.0631269	1.00000000	0.46808511	1.00000000	0.6811594	0.7659574
-1.0632497	1.00000000	0.48936170	1.00000000	0.6714286	0.7553191
-1.0658717	1.00000000	0.51063830	1.00000000	0.6619718	0.7446809
-1.0666238	1.00000000	0.53191489	1.00000000	0.6527778	0.7340426
-1.0681293	1.00000000	0.55319149	1.00000000	0.6438356	0.7234043
-1.0682379	1.00000000	0.57446809	1.00000000	0.6351351	0.7127660
-1.0742891	1.00000000	0.59574468	1.00000000	0.6266667	0.7021277
-1.0822807	1.00000000	0.61702128	1.00000000	0.6184211	0.6914894
-1.0893153	1.00000000	0.63829787	1.00000000	0.6103896	0.6808511
-1.0931684	1.00000000	0.65957447	1.00000000	0.6025641	0.6702128
-1.0968839	1.00000000	0.68085106	1.00000000	0.5949367	0.6595745
-1.1017652	1.00000000	0.70212766	1.00000000	0.5875000	0.6489362
-1.1215425	1.00000000	0.72340426	1.00000000	0.5802469	0.6382979
-1.1264410	1.00000000	0.74468085	1.00000000	0.5731707	0.6276596
-1.1349979	1.00000000	0.76595745	1.00000000	0.5662651	0.6170213
-1.1553529	1.00000000	0.78723404	1.00000000	0.5595238	0.6063830
-1.1628854	1.00000000	0.80851064	1.00000000	0.5529412	0.5957447
-1.1637516	1.00000000	0.82978723	1.00000000	0.5465116	0.5851064
-1.1665145	1.00000000	0.85106383	1.00000000	0.5402299	0.5744681
-1.1963434	1.00000000	0.87234043	1.00000000	0.5340909	0.5638298
-1.1981871	1.00000000	0.89361702	1.00000000	0.5280899	0.5531915
-1.2110912	1.00000000	0.91489362	1.00000000	0.5222222	0.5425532
-1.2139063	1.00000000	0.93617021	1.00000000	0.5164835	0.5319149

## Utilizador 11

<i>Thresho1d</i>	PVP	PPF	Sensibilidade	Especificidade	Precisão
1.4827674	0.02702703	0.00000000	0.02702703	1.0000000	0.5135135
1.4514428	0.05405405	0.00000000	0.05405405	1.0000000	0.5270270
1.4331767	0.08108108	0.00000000	0.08108108	1.0000000	0.5405405
1.4172631	0.10810811	0.00000000	0.10810811	1.0000000	0.5540541
1.4150797	0.13513514	0.00000000	0.13513514	1.0000000	0.5675676
1.3930337	0.16216216	0.00000000	0.16216216	1.0000000	0.5810811
1.3907146	0.18918919	0.00000000	0.18918919	1.0000000	0.5945946

1.3788046	0.21621622	0.00000000	0.21621622	1.00000000	0.6081081
1.3766059	0.24324324	0.00000000	0.24324324	1.00000000	0.6216216
1.3677275	0.27027027	0.00000000	0.27027027	1.00000000	0.6351351
1.3633121	0.29729730	0.00000000	0.29729730	1.00000000	0.6486486
1.3587088	0.32432432	0.00000000	0.32432432	1.00000000	0.6621622
1.2934326	0.35135135	0.00000000	0.35135135	1.00000000	0.6756757
1.2494993	0.37837838	0.00000000	0.37837838	1.00000000	0.6891892
1.2406283	0.40540541	0.00000000	0.40540541	1.00000000	0.7027027
1.2267492	0.43243243	0.00000000	0.43243243	1.00000000	0.7162162
1.1993318	0.45945946	0.00000000	0.45945946	1.00000000	0.7297297
1.1940532	0.48648649	0.00000000	0.48648649	1.00000000	0.7432432
1.1878926	0.51351351	0.00000000	0.51351351	1.00000000	0.7567568
1.1855769	0.54054054	0.00000000	0.54054054	1.00000000	0.7702703
1.1805963	0.56756757	0.00000000	0.56756757	1.00000000	0.7837838
1.1693126	0.59459459	0.00000000	0.59459459	1.00000000	0.7972973
1.1642117	0.62162162	0.00000000	0.62162162	1.00000000	0.8108108
1.1562625	0.64864865	0.00000000	0.64864865	1.00000000	0.8243243
1.1471521	0.67567568	0.00000000	0.67567568	1.00000000	0.8378378
1.1240551	0.70270270	0.00000000	0.70270270	1.00000000	0.8513514
1.1178938	0.72972973	0.00000000	0.72972973	1.00000000	0.8648649
1.1134244	0.75675676	0.00000000	0.75675676	1.00000000	0.8783784
1.0955056	0.78378378	0.00000000	0.78378378	1.00000000	0.8918919
1.0799537	0.81081081	0.00000000	0.81081081	1.00000000	0.9054054
1.0620093	0.83783784	0.00000000	0.83783784	1.00000000	0.9189189
1.0571077	0.86486486	0.00000000	0.86486486	1.00000000	0.9324324
1.0323033	0.89189189	0.00000000	0.89189189	1.00000000	0.9459459
1.0002663	0.91891892	0.00000000	0.91891892	1.00000000	0.9594595
1.0002335	0.94594595	0.00000000	0.94594595	1.00000000	0.9729730
1.0000442	0.97297297	0.00000000	0.97297297	1.00000000	0.9864865
0.9998078	1.00000000	0.00000000	1.00000000	1.00000000	1.0000000
-0.9999292	1.00000000	0.02702703	1.00000000	0.9736842	0.9864865
-0.9999407	1.00000000	0.05405405	1.00000000	0.9487179	0.9729730
-0.9999407	1.00000000	0.08108108	1.00000000	0.9250000	0.9594595
-1.0001596	1.00000000	0.10810811	1.00000000	0.9024390	0.9459459
-1.0003815	1.00000000	0.13513514	1.00000000	0.8809524	0.9324324
-1.0066519	1.00000000	0.16216216	1.00000000	0.8604651	0.9189189
-1.0325879	1.00000000	0.18918919	1.00000000	0.8409091	0.9054054
-1.0370824	1.00000000	0.21621622	1.00000000	0.8222222	0.8918919
-1.0404927	1.00000000	0.24324324	1.00000000	0.8043478	0.8783784
-1.0680922	1.00000000	0.27027027	1.00000000	0.7872340	0.8648649
-1.0903416	1.00000000	0.29729730	1.00000000	0.7708333	0.8513514
-1.1002819	1.00000000	0.32432432	1.00000000	0.7551020	0.8378378
-1.1075142	1.00000000	0.35135135	1.00000000	0.7400000	0.8243243
-1.1183140	1.00000000	0.37837838	1.00000000	0.7254902	0.8108108
-1.1250822	1.00000000	0.40540541	1.00000000	0.7115385	0.7972973
-1.1576109	1.00000000	0.43243243	1.00000000	0.6981132	0.7837838
-1.2304060	1.00000000	0.45945946	1.00000000	0.6851852	0.7702703
-1.2503214	1.00000000	0.48648649	1.00000000	0.6727273	0.7567568
-1.2535790	1.00000000	0.51351351	1.00000000	0.6607143	0.7432432
-1.2667536	1.00000000	0.54054054	1.00000000	0.6491228	0.7297297
-1.2742884	1.00000000	0.56756757	1.00000000	0.6379310	0.7162162
-1.2909603	1.00000000	0.59459459	1.00000000	0.6271186	0.7027027
-1.3428801	1.00000000	0.62162162	1.00000000	0.6166667	0.6891892

-1.3819260	1.00000000	0.64864865	1.00000000	0.6065574	0.6756757
-1.3956537	1.00000000	0.67567568	1.00000000	0.5967742	0.6621622
-1.4045494	1.00000000	0.70270270	1.00000000	0.5873016	0.6486486
-1.4382149	1.00000000	0.72972973	1.00000000	0.5781250	0.6351351
-1.4858952	1.00000000	0.75675676	1.00000000	0.5692308	0.6216216
-1.5065341	1.00000000	0.78378378	1.00000000	0.5606061	0.6081081
-1.5219073	1.00000000	0.81081081	1.00000000	0.5522388	0.5945946
-1.5221545	1.00000000	0.83783784	1.00000000	0.5441176	0.5810811
-1.5886619	1.00000000	0.86486486	1.00000000	0.5362319	0.5675676
-1.6607543	1.00000000	0.89189189	1.00000000	0.5285714	0.5540541