

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Taís Delvina Vicenzi

***GLASSFIBRE REINFORCED CONCRETE (GRC): ANÁLISE
DAS DIFICULDADES DE INSERÇÃO NO MERCADO
NACIONAL DE PAINÉIS FABRICADOS EM CONCRETO
REFORÇADO COM FIBRA DE VIDRO***

Porto Alegre
novembro 2015

TAÍS DELVINA VICENZI

***GLASSFIBRE REINFORCED CONCRETE (GRC): ANÁLISE
DAS DIFICULDADES DE INSERÇÃO NO MERCADO
NACIONAL DE PAINÉIS FABRICADOS EM CONCRETO
REFORÇADO COM FIBRA DE VIDRO***

Trabalho de Diplomação a ser apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheira Civil

Orientador: Luis Carlos Bonin

Porto Alegre
novembro 2015

TAÍS DELVINA VICENZI

***GLASSFIBRE REINFORCED CONCRETE (GRC): ANÁLISE
DAS DIFICULDADES DE INSERÇÃO NO MERCADO
NACIONAL DE PAINÉIS FABRICADOS EM CONCRETO
REFORÇADO COM FIBRA DE VIDRO***

Porto Alegre, 24 de novembro de 2015

Prof. Luis Carlos Bonin
Msc. pelo PPGEC/UFRGS
Orientador

BANCA EXAMINADORA

Carina Stolz
Dra. pelo PPGEC/UFRGS

Prof. Luis Carlos Bonin (UFRGS)
Msc. pelo PPGEC/UFRGS

Nei Ricardo Vaske (UFRGS)
Dr. pelo PPGEC/UFRGS

Dedico este trabalho a meus pais, por terem trabalhado tão duro para que nunca me faltasse nada. Vocês são meu maior orgulho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Valter e Rita, pelo amor incondicional, pelas palavras de incentivo, por me ensinarem o caminho do bem e por serem sempre meu “porto seguro”.

Agradeço aos meus irmãos, Cassiane e Cleiton, pela amizade e por todas as vezes em que precisei de ajuda e vocês estiveram ao meu lado.

Agradeço aos meus colegas da engenharia civil, por todos estes anos de companheirismo, por todas as risadas compartilhadas e pela companhia nas várias madrugadas de estudo.

Agradeço aos meus amigos, que longe ou perto sempre torceram pelo meu sucesso.

Agradeço ao meu orientador, Luis Carlos Bonin, pela oportunidade de ser sua orientanda, pela ajuda, apoio e pelo tempo que dedicou à realização deste trabalho.

Agradeço aos professores, Claudia Terezinha de Andrade Oliveira, Fernando Barth e Luiz Henrique Maccarini Vefago, pela grande ajuda na realização da pesquisa, por gentilmente terem aceitado participar das entrevistas e pelo tempo dedicado a responder os questionários.

Agradeço ao Engenheiro Silvio Brescovit, pela ajuda na realização do trabalho, pelas explicações durante a visita à fábrica e pelo tempo despendido para responder o questionário.

Agradeço ao Engenheiro Jeferson Viriato, pelo acompanhamento durante visita à obra.

Agradeço a todos os professores que me acompanharam durante a graduação, pelo conhecimento transmitido.

Agradeço a todos que de alguma forma estiveram do meu lado nesta caminhada.

A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas
pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo
mundo vê.

Arthur Schopenhauer

RESUMO

Cada vez mais presentes no dia-a-dia das obras, produtos pré-fabricados vêm conquistando espaço na construção civil, possibilitando ganho na produtividade, redução do prazo de entrega, redução de resíduos, além de vários outros benefícios. Todas essas vantagens servem de incentivo para que os canteiros de obras se tornem cada vez mais industrializados. Levando isso em consideração, o presente trabalho versa sobre as dificuldades de inserção, no mercado nacional, de painéis industrializados fabricados em concreto reforçado com fibra de vidro (*Glassfibre Reinforced Concrete* – GRC). O GRC é um compósito constituído por uma matriz cimentícia onde são incorporadas fibras de vidro do tipo AR, resistente aos álcalis do cimento. Os painéis produzidos com este compósito possuem, entre suas principais características, leveza e moldabilidade. Em geral, os painéis possuem cerca de ¼ do peso dos similares fabricados em concreto convencional, leveza esta que possibilita grande versatilidade de formas. Apesar das várias vantagens, o GRC ainda é desconhecido por grande parte dos profissionais. Assim, este trabalho busca entender quais as dificuldades encontradas que justifiquem a não consolidação deste método na construção civil brasileira. Primeiramente, foi realizada uma rodada de entrevistas com especialistas e conhecedores do sistema GRC. Nesta primeira etapa, o roteiro de perguntas foi elaborado com o intuito de entender de uma forma geral a questão de pesquisa proposta no trabalho. Na segunda fase, foram realizadas duas visitas técnicas, a primeira a uma fábrica que produz módulos construtivos utilizando painéis de GRC e a segunda, a uma das obras da empresa. Nesta segunda etapa foi possível aplicar um novo questionário ao gerente de processos da empresa bem como analisar os ambientes de produção tanto na fábrica quanto no canteiro de obras. Com as informações obtidas nas duas etapas foi possível concluir que várias são as dificuldades encontradas na inserção do GRC no mercado brasileiro, entre elas, a falta de conhecimento por parte dos profissionais, a falta de pesquisas nacionais sobre o material e o valor de mercado dos painéis, ainda pouco competitivo. Vários outros motivos que justificam a pouca utilização deste sistema são apresentados ao longo do trabalho.

Palavras-chave: GRC. Painéis. Pré-fabricados
Sistema construtivo. Inserção.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama Esquemático do delineamento da pesquisa	9
Figura 2 – Resistência à tração de fibras de vidro em solução aquosa de cimento Portland a 80 °C	15
Figura 3 – (a) Hotel San Francisco Marriot, Estados Unidos e (b) edifício em Madrid, Espanha	17
Figura 4 – Edifício com fachada em GRC, Portugal	18
Figura 5 – (a) Edifício Faculdade de Odontologia e (b) edifício garagem	18
Figura 6 – (a) Torre de telecomunicações, (b) cenário natural em GRC	19
Figura 7 – (a) Barreira acústica em rodovia e (b) mobiliário urbano em GRC	20
Figura 8 – (a) Fibras de vidro AR recém-inseridas na matriz cimentícia e (b) fibras após envelhecimento à temperatura de 80° C	22
Figura 9 – (a) Fibras de vidro pré-cortadas, (b) em rolos e (c) em manta	23
Figura 10 – Interação entre fibra/matriz em fase não fissurada submetida a esforços de (a) tração e (b) compressão	24
Figura 11 – Interação fibra/matriz em fase fissurada	25
Figura 12 – Painel tipo casca	30
Figura 13 – Painel tipo sanduíche	30
Figura 14 – Painel tipo <i>stud frame</i>	31
Figura 15 – (a) pistola de projeção (b) projeção da argamassa e fibras no molde	36
Figura 16 – Esquema de fixação de painéis de GRC	43
Figura 17 – (a) Junta aberta e (b) junta selada	37
Figura 18 – (a) Filial Siscobras em Pojuca, Bahia e (b) protótipo de sala de aula	59
Figura 19 – (a) Face interna do painel sanduíche e (b) face externa	61
Figura 20 – Compactação após processo de laminação	63
Figura 21 – (a) Gancho para fixação da estrutura metálica (b) painel pronto (c) montagem da unidade (d) unidade pronta	64
Figura 22 – Ampliação Colégio La Salle Niterói	66
Figura 23 – (a) Tubulações hidráulicas (b) aterramento (c) início do içamento (d) módulo sendo posicionado	67
Figura 24 – (a) Ponto de solda (b) e (c) juntas na fachada preenchidas com silicone	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características das fibras de vidro	22
Tabela 2 – Propriedades do cimento Portland	24
Tabela 3 – Mistura proposta para o processo de pré-mistura	33
Tabela 4 – Mistura proposta para o processo de projeção	33

LISTA DE SIGLAS

AR – Alkali-resistant

BRE – Building Research Establishment

GRC – Glassfibre Reinforced Concrete

NBR – Norma Brasileira

PVC – Policloreto de Vinila

ULBRA – Universidade Luterana do Brasil

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 DIRETRIZES DA PESQUISA	15
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA	15
2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA	15
2.2.1 Objetivo Principal	15
2.2.2 Objetivo Secundário	15
2.3 PRESSUPOSTO	16
2.4 PREMISA	16
2.5 DELIMITAÇÕES	16
2.6 LIMITAÇÕES	16
2.7 DELINEAMENTO	16
3 FACHADAS PRÉ-FABRICADAS	19
3.1 INDUSTRIALIZAÇÃO E FACHADAS PRÉ-FABRICADAS	19
4 O COMPÓSITO GRC	22
4.1 BREVE HISTÓRICO DO GRC	22
4.2 PRINCIPAIS APLICAÇÕES DO GRC	25
4.3 CARACTERIZAÇÃO DO COMPÓSITO	29
4.3.1 Fibra de Vidro	30
4.3.2 Matriz do Compósito	32
4.4 NORMAS E PROCEDIMENTOS	34
4.4.1 Ensaios para os Produtos em GRC no Estado Fresco	35
4.4.2 Ensaios para os Produtos em GRC no Estado Endurecido	37
4.5 CARACTERIZAÇÃO DOS PAINÉIS EM GRC	37
4.5.1 Vantagens do Uso de GRC na Confeção de Painéis de Fachada	37
4.5.2 Tipos de Painéis de GRC	38
4.5.2.1 Painéis Tipo Casca	38
4.5.2.2 Painéis Tipo Sanduíche	39
4.5.2.3 Painéis Tipo <i>Stud Frame</i>	40
4.5.3 Processos de Produção	40
4.5.3.1 Pré-mistura	41
4.5.3.2 Projeção Direta	42
4.5.4 Tipos de Moldes	43
4.5.5 Cura dos Painéis	44

4.5.6 Fixação dos Painéis	44
4.5.7 Juntas	44
5 METODOLOGIA DE PESQUISA	47
5.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	48
5.2 CARACTERIZAÇÃO DAS ENTREVISTAS	49
5.3 ENTREVISTADOS	50
5.4 CARACTERIZAÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS	51
6 RESULTADOS E ANÁLISES DOS DADOS	52
6.1 PRIMEIRA ETAPA	52
6.1.1 Entrevistas Primeira Etapa	52
6.2 SEGUNDA ETAPA	60
6.2.1 Siscobras Sistemas Construtivos do Brasil SA	60
6.2.1.1 Processo de Fabricação de Painéis em GRC	63
6.2.2 Entrevista Segunda Etapa	66
6.2.3 Obra de Ampliação Colégio La Salle Niterói	71
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	75
REFERÊNCIAS	78
APÊNDICE A	80
APÊNDICE B	88

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos últimos anos, a construção civil brasileira vem passando por progressos significativos. Estes se devem a modificações na economia aliadas à facilidade de financiamento habitacional, que gerou uma grande demanda para aquisição de imóveis, com a consequente expansão dos empreendimentos imobiliários. Diante dessas, melhorias nos processos construtivos se fazem necessários para uma maior rapidez de execução e, conseqüentemente, redução dos prazos de entrega. Desta forma, a industrialização dos processos se tornou uma alternativa capaz de reduzir o tempo total da obra. Neste sentido, canteiros de obra estão, cada vez mais, utilizando sistemas construtivos pré-fabricados em detrimento dos métodos artesanais.

Um dos produtos pré-fabricados que vem ganhando destaque na indústria da construção, o painel de vedação para fachadas, surge como alternativa para as tradicionais vedações pesadas. A utilização desses painéis industrializados possibilita redução dos prazos de entrega, uma vez que outras atividades do caminho crítico, como colocação de esquadrias, instalações, forros, podem ser antecipadas, além de inúmeras outras vantagens como redução de desperdícios, mão de obra qualificada e maior controle de qualidade. Outra vantagem é a de que, por possuir pequena espessura, este sistema construtivo confere leveza à edificação e propicia grande flexibilização de projeto.

Dentre os diversos tipos de painéis pré-fabricados destaca-se o painel de GRC (*Glassfibre Reinforced Concrete*). O painel GRC caracteriza-se por ser um material cimentício reforçado com fibras de vidro resistente aos álcalis do cimento. A principal característica reside no fato de que as fibras de vidro incorporadas à matriz cimentícia possibilitam obter componentes mais esbeltos e leves. Outro aspecto importante é a obtenção de diferentes formas, por ser cerca de 40% mais leve que o concreto, o GRC é facilmente moldável. Além disso, a resistência à compressão do sistema é garantida pela argamassa enquanto que a resistência à tração é obtida através da incorporação das fibras.

Consolidada internacionalmente, esta tecnologia de vedação é utilizada desde a década de 1960 na Rússia e em países da Europa. A vedação de fachadas com placas pré-moldadas de GRC se mostra uma alternativa eficaz para a solução da demanda crescente da construção

civil no Brasil ao permitir enxugar o cronograma ao mesmo tempo em que torna possível a resolução de diversos problemas encontrados nos canteiros de obra, principalmente os relacionados à má execução do fechamento habitual de fachadas.

Apesar das diversas vantagens que podem ser obtidas ao utilizar este sistema construtivo, ele ainda é pouco conhecido no mercado nacional. Assim, este trabalho tem como objetivo discutir quais os principais entraves encontrados que justifiquem a pouca utilização deste método que, no Brasil, ainda é restrito a obras comerciais. Além de levantar as dificuldades de inserção dos painéis de GRC nas obras brasileiras, o trabalho apresenta as principais vantagens e desvantagens deste material.

Como metodologia do trabalho optou-se por utilizar modelagem de informações colhidas através de entrevistas realizadas com especialistas e conhecedores do sistema GRC além da realização de duas visitas técnicas. O trabalho dividiu-se em duas etapas. Na primeira etapa foram realizadas três entrevistas com profissionais que tiveram suas obras utilizadas na revisão bibliográfica deste trabalho. Na segunda etapa foi realizada uma nova entrevista e duas visitas técnicas. A primeira, a uma empresa que produz módulos construtivos utilizando painéis de GRC. Nesta visita foi possível aplicar um segundo questionário ao gerente de processos da empresa bem como acompanhar o processo de produção dos painéis. A segunda visita foi realizada a uma das obras desta mesma empresa onde foi possível ver como os monoblocos pré-fabricados são montados.

Nas duas etapas foram colhidas informações que possibilitaram concluir o trabalho. Diversos motivos que dificultam a inserção do GRC no mercado nacional foram citados e serão apresentados ao longo do trabalho.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

As diretrizes da pesquisa estão subdivididas em questão de pesquisa, objetivos, hipótese, pressuposto, premissa, delimitações, limitações, e delineamento, sendo descrito a seguir.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa do trabalho é: quais as principais vantagens e desvantagens do sistema de painéis pré-fabricados de GRC e quais os principais entraves encontrados pelo mercado brasileiro a fim de justificar a não utilização deste método construtivo?

2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e secundário e serão descritos abaixo.

2.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal deste trabalho constitui na sistematização de informações acerca das características e processo de produção dos painéis em GRC e compreensão dos motivos da pouca utilização deste sistema construtivo.

2.2.2 Objetivos secundários

Os objetivos secundários são:

- a) modelagem de informações coletadas através de revisão bibliográfica;
- b) modelagem de informações coletadas de especialistas por meio de entrevistas qualitativas;
- c) descrição do processo de produção de painéis de GRC através da realização de visita técnica a uma empresa especializada;
- d) observação do processo de montagem de unidades construtivas fabricadas com painéis de GRC através de visita à obra.

2.3 PRESSUPOSTO

O trabalho tem por pressuposto que o sistema de vedação de fachadas com painéis de GRC atende satisfatoriamente às exigências dos usuários.

2.4 PREMISSE

O trabalho tem por premissa que, para que novas tecnologias de fechamento de fachadas sejam adotadas, os profissionais que atuam na concepção e execução do empreendimento devem possuir conhecimento pleno do sistema construtivo a ser adotado.

2.5 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se ao estudo de painéis pré-fabricados de GRC. Portanto, não abrange outros tipos de painéis cimentícios.

2.6 LIMITAÇÕES

Em função das limitações de tempo e recursos, por se tratar de um trabalho de diplomação, foram realizadas somente quatro entrevistas. Outra limitação é a falta de um maior número de empresas que utilizem o sistema de painéis em GRC.

2.7 DELINEAMENTO

O trabalho foi realizado através das etapas apresentadas a seguir e descritas nos próximos parágrafos:

- a) revisão bibliográfica;
- b) elaboração do roteiro de investigação;
- c) aplicação do roteiro de investigação através de questionários e entrevistas aos profissionais com domínio do assunto;
- d) análise das entrevistas e questionários;
- e) elaboração de um novo roteiro de investigação;
- f) visita à fábrica de módulos construtivos em GRC e aplicação do segundo roteiro de investigação ao gerente de processos;

- g) análise da entrevista e questionário;
- h) visita a uma das obras da empresa;
- i) considerações finais.

Na primeira etapa do trabalho foi realizada a revisão bibliográfica com a finalidade de adquirir conhecimento sobre o assunto escolhido. Para isso, foram utilizados livros, trabalhos de conclusão, teses e dissertações. Esta etapa foi desenvolvida durante todo o período de execução do trabalho, porém, com maior intensidade nos estágios iniciais com o objetivo de formar uma base sólida sobre o tema a fim de conseguir desenvolver as demais fases do projeto.

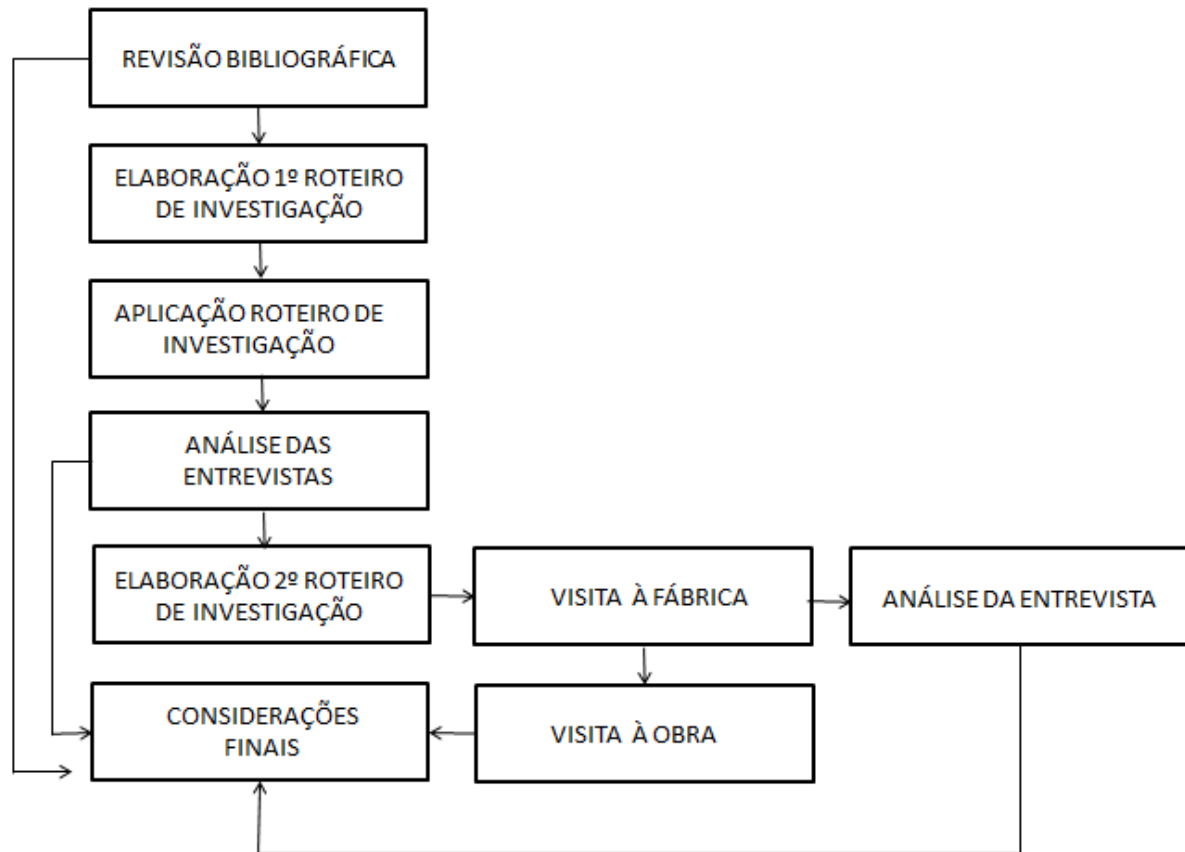
Posteriormente, na segunda etapa, foi elaborado um roteiro de investigação que teve por finalidade definir as diretrizes que orientaram a realização das entrevistas e aplicação dos questionários aos profissionais. O roteiro de investigação se fez necessário para definir com clareza quais as perguntas mais apropriadas e relevantes e que melhor conduziriam a uma resposta da questão de pesquisa

Na etapa seguinte, de posse das informações obtidas através das entrevistas, identificaram-se pontos que poderiam ser mais explorados. Para aprofundar estes pontos foram realizadas duas visitas técnicas. A primeira visita foi realizada a uma empresa que produz módulos construtivos em GRC e a segunda, a uma das obras da mesma empresa. Tanto na visita à fábrica quanto no acompanhamento da montagem das unidades em obra foi possível conversar com os engenheiros responsáveis e esclarecer dúvidas, levantar questionamentos e compreender quais as principais vantagens e dificuldades encontradas na utilização do GRC.

Assim, depois de conhecer a opinião de conhecedores do compósito GRC e realizar visitas técnicas podendo também obter a visão do fabricante quanto ao material e ao sistema construtivo, conclui-se que as informações obtidas foram suficientes para finalização do trabalho.

A figura 1 apresenta o diagrama esquemático do delineamento da pesquisa

Figura 1 – Diagrama esquemático do delineamento da pesquisa



(fonte: elaborada pela autora)

3 FACHADAS PRÉ-FABRICADAS

Neste capítulo é apresentado um breve resumo sobre a importância da industrialização na construção civil brasileira com enfoque principal nos benefícios obtidos com a utilização de painéis pré-fabricados no fechamento de edifícios.

3.1 INDUSTRIALIZAÇÃO E FACHADAS PRÉ-FABRICADAS

De acordo com Ribeiro (2002, p. 7):

Em princípio, a industrialização da construção está associada à necessidade da integração. Constantemente nota-se que a construção funcionava de forma dissociada, com suas fases interagindo sem coordenação entre si. Entre essas fases existiam incompreensões, falta de informações, mal-entendidos, tudo colaborando para que ocorram essas perdas de tempo, erros e repetições, situações incompatíveis com qualquer processo de industrialização. A construção civil se prestou a todas essas críticas, por todas as suas peculiaridades já conhecidas, e uma vez enquadrada nos conceitos de industrialização e adequação aos métodos industriais, tornou-se uma realidade em alguns países.

Assim, com a crescente demanda por habitações, bem como por grandes obras de infraestrutura, torna-se cada vez mais indispensável industrialização dentro dos processos de produção, tornando os produtos resultantes destes novos processos mais padronizados e modulares (MOURA; SÁ, 2013, p. 72).

Segundo Barth e Vefago (2007, p. 17):

A industrialização da construção aporta benefícios que mesmo os métodos tradicionais de produção mais evoluídos não conseguem alcançar, tais como a redução de desperdícios na obra, rapidez de execução, maior controle dimensional e de qualidade de produtos e elementos construtivos, bem como a sistematização e otimização dos processos envolvidos na construção. Este tipo de industrialização gera um maior desenvolvimento do setor da construção civil, propiciando mão-de-obra mais qualificada, maior conhecimento tecnológico, oferta de equipamentos mais avançados e maior controle de qualidade, gerando produtos com maior valor agregado.

Além dos benefícios citados, como mão de obra mais qualificada, maior controle tecnológico, oferta de equipamentos e maior controle de qualidade, outro aspecto importante a ser levado em consideração ao introduzir a industrialização nos processos de fabricação é a redução de resíduos provenientes da construção, tornando o ato de construir mais sustentável. Segundo Novaes e Mourão (2008, p. 32), “Estimativas indicam que os resíduos resultantes da

construção, manutenção e demolição de casas e edifícios representam de 40 a 60% em massa do resíduo sólido urbano das grandes cidades.”.

Historicamente, a construção civil apresenta altos índices de desperdícios e elevada geração de resíduos sólidos. Com a assimilação, por parte da indústria, de atividades antes executadas dentro dos canteiros, os processos tornam-se muito mais racionalizados. Segundo Ribeiro (2007, p. 73), “Entende-se, pois, a racionalização de um processo produtivo, como sendo um conjunto de ações que visam substituir as práticas convencionais por tecnologias baseadas em sistemas que visam eliminar o empirismo das decisões.”.

Em relação à redução de resíduos Moura e Sá (2013, p. 73) destacam que:

Vários são os benefícios da industrialização, como: facilidades de controle e segurança; elevado nível de qualidade na produção; baixo índice de desperdício; redução do número de operários; modulação, uniformidade e padronização; velocidade de execução; e, principalmente, redução na geração de resíduos. Frutos de um sistema caracterizado por um ambiente controlado, em que as perdas são eliminadas, os resíduos são reduzidos e, acima de tudo, em que há a maximização da produtividade e qualidade final do produto. Sendo esta apontada como futuro certo da evolução da construção.

Outro ponto relevante é que a industrialização da construção pode gerar maior desenvolvimento tecnológico, uma vez que prioriza a mão de obra qualificada e o uso de equipamentos especializados possibilitando assim, maior controle nos processos de fabricação e de montagem resultando em produtos com maior qualidade e durabilidade. A maior organização das atividades e, sobretudo o controle industrial possibilitam uma grande precisão, com tolerâncias dimensionais da ordem de milímetros (VEFAGO, 2006, p. 1-2).

Dentre os sistemas construtivos que passaram pelo processo de industrialização destacam-se as fachadas pré-fabricadas.

Quanto à importância da fachada em um edifício, Barth e Vefago (2007, p. 22-23) afirmam que:

As fachadas possuem papel estratégico na valorização de um empreendimento, podendo gerar destaque ao edifício e também compor o espaço urbano. Dentre outras funções, as fachadas são elementos condicionadores naturais do edifício podendo, quando bem dimensionadas, melhorar a eficiência energética do mesmo. As fachadas são a interface entre os ambientes interiores e o exterior, podendo criar espaços de transição que melhoram o conforto dos usuários.

A fachada consiste em um dos subsistemas mais importantes do edifício sendo responsável pelas condições de habitabilidade e estética, contribui para a valorização do empreendimento e possuem um papel relevante com relação à sustentabilidade. Além disso, são expressivos os custos de execução e manutenção da fachada em relação aos outros subsistemas do edifício. O custo de execução pode representar até 20% do custo total da obra (OLIVEIRA, 2009, p. 1).

Hoje, no Brasil, existe uma diversidade de tecnologias de fachadas que atendem os mais diversos tipos de exigências dos clientes. Essa diversidade incorpora desde fachadas convencionais, de tijolos ou blocos com revestimentos aderidos, em argamassa ou outro; até as fachadas pré-fabricadas que podem ser constituídas de painéis de concreto, de painéis de GRC (*Glassfibre Reinforced Concrete*), de placas cimentícias, placas de vidro, painéis metálicos (alumínio ou aço inox) de rocha ou de cerâmica (OLIVEIRA, 2009, p. 1-2).

O uso de elementos pré-fabricados ainda é bastante restrito a edifícios industriais e comerciais de múltiplos pavimentos, uma vez que, para reduzir imprevistos e os prazos de entrega, a iniciativa privada busca eliminar incógnitas dos empreendimentos. Outros fatores importantes são a agilidade nos processo de produção e a qualidade final dos produtos, garantido pela maior racionalização obtida na indústria (BARTH; VEFAGO, 2007, p. 19).

As fachadas pré-fabricadas tornaram-se mais vantajosas em edificações com grandes dimensões e/ou grandes alturas. As vedações verticais, nesses empreendimentos, costumam fazer parte do caminho crítico da obra. A industrialização pode reduzir os prazos finais da obra uma vez que possibilita a antecipação das etapas de fabricação dos painéis, enquanto a estrutura da obra ainda esta sendo construída possibilitando o início de outras atividades do caminho crítico tais como colocação de esquadrias, instalações, forros e revestimentos internos (BARTH; VEFAGO, 2007, p. 19-20).

Ainda sobre as fachadas pré-fabricadas, Vefago (2006, p. 3-4) ressalta que, para edifícios comerciais, “[...] um menor tempo de execução das fachadas, significa uma antecipação no prazo de entrega do empreendimento, podendo representar para o empreendedor adiantamento nos prazos e faturamento adicional que pode resultar em rápida amortização das vedações e do edifício.”.

4 O COMPÓSITO GRC

Lameiras (2007, p. 41) afirma que, “GRC (*Glassfibre reinforced concrete*) é a sigla utilizada internacionalmente para denominar o compósito formado por uma matriz cimentícia (pasta de cimento com ou sem agregado miúdo) reforçada com fibras de vidro dispersas.”.

Ainda segundo Lameiras (2007, p. 41):

É importante notar que o GRC diferencia-se de um concreto tradicional reforçado com fibras de vidro basicamente sob dois aspectos: forma de funcionamento e método de produção. Enquanto nos concretos as fibras geralmente atuam como um reforço secundário, com o intuito de aumentar a tenacidade das peças estruturais e como controlador das fissurações, no caso do GRC as fibras atuam como reforço principal das peças. Ademais, os GRCs geralmente são produzidos por métodos que permitem incorporar maiores teores de fibras e geralmente são empregados na confecção de peças de menor espessura.

Este compósito é utilizado na fabricação de painéis para fechamento vertical de fachadas, foco de estudo deste trabalho. Segundo Barth e Vefago (2007, p. 23):

Pode-se observar a evolução dos projetos, o desenvolvimento dos materiais e das técnicas de produção dos painéis pré-fabricados de fachada. Os primeiros painéis de concreto eram maciços e tinham as funções de sustentação e de vedação da edificação. Com o uso de estruturas independentes, os painéis passaram a ter apenas a função de vedação, fato que possibilitou a melhoria na composição arquitetônica e na elevação do seu desempenho, tais como a utilização de núcleos com materiais de baixa condutividade térmica e câmaras de ar nas vedações. O desenvolvimento de materiais para reforço da matriz cimentícia possibilitou a substituição das armaduras, a redução das seções resistentes e a consequente leveza deste sistema construtivo. O compósito GRC, denominado na NBR15305¹ como material cimentício reforçado com fibra de vidro resistente aos álcalis, fez surgir alguns tipos construtivos de painéis leves e de grandes dimensões.

4.1 BREVE HISTÓRICO DO GRC

Segundo Fernandes (2008, p. 3), “As primeiras aplicações de fibra de vidro como forma de reforço de um material ocorreram nos anos trinta nos Estados Unidos. Inicialmente o recurso a este tipo de mistura foi feito pela indústria de polímeros, tornando-se decisivo para o surgimento dos polímeros modernos.”.

¹ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15305**: produtos pré-fabricados de materiais cimentícios reforçados com fibra de vidro — procedimentos para controle de produção. Rio de Janeiro, 2005.

Após o sucesso obtido pela indústria de polímeros foram feitas as primeiras tentativas de utilização de fibras de vidro como reforço de cimento. O primeiro estudo feito ao composto decorreu na Rússia, na década de 1960, pelos irmãos Biryukovich. Nestes primeiros experimentos, as fibras utilizadas eram do tipo E, que sofrem forte ataque alcalino, responsável pela perda de resistência mecânica. Estas fibras apresentavam uma deterioração em tempos relativamente curtos, frente ao hidróxido de cálcio derivado da hidratação do cimento Portland. Entretanto, 95% da produção mundial de cimento era constituída pelo Cimento Portland e o entrave para avançar nas pesquisas com o GRC era a obtenção de uma fibra de vidro que fosse resistente ao meio alcalino (BARTH; VEFAGO, 2007, p. 75).

A partir da consolidação da teoria dos materiais fibrosos, do desenvolvimento de técnicas de produção dos compósitos, do estudo de diferentes tipos de cimento e da análise das reações químicas entre fibra/matriz houve, na década de 60, grandes avanços ao nível do GRC (FERNANDES, 2008, p. 3).

Ainda na década de 60, “[...] o instituto BRE, Building Research Establishment, deu início a pesquisa com alternativas para substituir os produtos de cimento-amianto, cujos processos de fabricação já eram caracterizados como sendo cancerígenos.” (BARTH; VEFAGO, 2007, p. 75-76).

Assim, após descoberta dos efeitos nocivos para a saúde humana da utilização do amianto, “Uma nova fibra de vidro foi desenvolvida na Inglaterra, como extensão das pesquisas feitas pelo BRE (Building Research Establishment), sendo designado de fibra de vidro AR (*Alkali-resistant*), este tipo de fibra foi conseguido através da adição de óxido de zircônio [...]” (FERNANDES, 2008, p. 3).

Segundo Barth e Vefago (2007, p. 76), em 1967, “[...] A.J. Majumdar realizam pesquisas com adição de óxido de zircônio nas fibras de vidro, conseguindo aumentar a durabilidade das fibras e controlando o ataque alcalino do cimento.”.

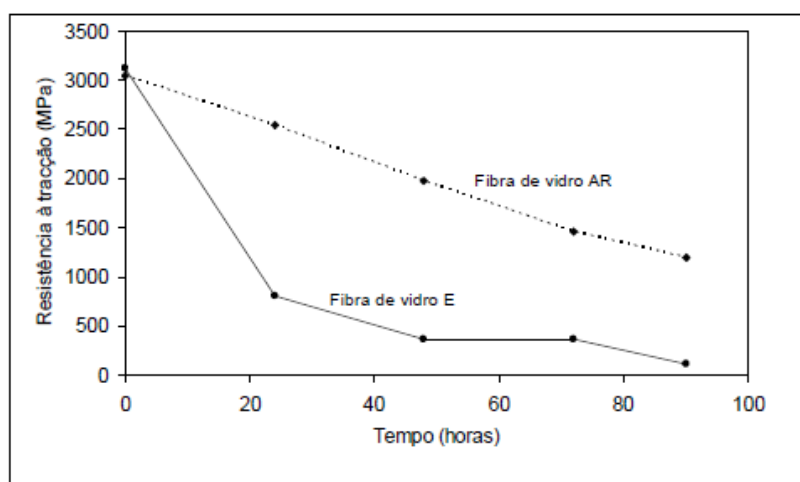
A fibra de vidro AR apresentava um desempenho superior em relação às fibras do tipo E, esse desempenho se deve, especialmente, à compatibilidade existente entre os dois meios da mistura. A fibra do tipo AR também apresentava uma maior resistência ao ataque alcalino provocado pelo hidróxido de cálcio resultante da hidratação do cimento apresentando, em

consequência, melhor desempenho em relação à durabilidade dos componentes (FERNANDES, 2008, p. 3-4).

A resistência à tração é ligeiramente superior, em idades jovens, para a fibra de vidro do tipo E em comparação às do tipo AR. Esta tendência se inverte em idades mais avançadas mostrando que as fibras do tipo E deixam de funcionar como elementos de reforço do sistema (FERNANDES, 2008, p. 4).

A figura 2 apresenta graficamente o comportamento dos dois tipos de fibra quando imersas em uma solução aquosa de cimento Portland aquecida a 80° C a fim de simular o envelhecimento acelerado do componente.

Figura 2 – Resistência à tração de fibras de vidro em solução aquosa de cimento Portland a 80° C



(fonte: FERNANDES, 2008)

Em 1971, a empresa Pilkington Brothers consegue a patente da fibra de vidro AR, que foi denominada comercialmente de Cem-FIL. Em 1980, uma empresa holandesa chamada Forton produziu um polímero que possibilitava a utilização das fibras de vidro E, o que possibilitou o aumento da durabilidade do compósito com matriz cimentícia. Neste mesmo ano, a empresa Pilkington Brothers lançou uma nova versão de sua fibra de vidro, chamada de Cem-FIL 2, que possuía uma camada de revestimento que aumentava ainda a estabilidade química das fibras na matriz cimentícia (BARTH; VEFAGO, 2007, p. 76).

Dos anos 1980 até os dias atuais, pouca mudança ocorreu nas fibras de vidro mantendo sua composição praticamente inalterada. Atualmente, observa-se o uso predominante das fibras de vidro AR na produção de GRC, com três fabricantes mundiais: Vetrotex, na Espanha; Nippon Electric Glass, no Japão, e Xiangfan JieBang Fiberglass, na China (BARTH; VEFAGO, 2007, p. 76).

4.2 PRINCIPAIS APLICAÇÕES DO GRC

Diversas são as aplicações do compósito GRC, desde a execução da envoltória de edifícios com os painéis pré-fabricados até mesmo elementos complexos, uma vez que o compósito possibilita a obtenção de formas e texturas variadas para execução de parques temáticos, mobiliários urbanos e cenários (BARTH; VEFAGO, 2007, p. 76).

Segundo Lameiras (2007, p. 26):

[...] os materiais cimentícios reforçados com fibra são utilizados em diversas aplicações onde é importante a utilização de materiais com boas resistências à tração estática ou dinâmica e que tenham elevadas capacidades de absorver energia. Em muitas aplicações o concreto já não é mais produzido sem a incorporação de fibras à matriz, como é o caso dos pavimentos de concreto para aeroportos, revestimentos de túneis, tubulões, telhas de concreto, dentre outras. Em outros casos as fibras possibilitaram que as peças de concreto se tornassem mais competitivas com relação às outras tecnologias disponíveis, como é o caso dos painéis pré-fabricados para fachadas e dos mobiliários urbanos, ou ainda, as fibras fizeram com que surgissem novos mercados para os materiais cimentícios, como é o caso dos elementos decorativos e das peças para reprodução de ornamentos arquitetônicos, muito utilizados na restauração de edifícios de valor histórico.

Dentre as diversas aplicações, a produção de painéis de fachadas pré-fabricadas representa cerca de 80% da produção a nível mundial. O mercado mostrou-se muito receptivo a este tipo de fachada por potencializar a capacidade arquitetônica dos edifícios, uma vez que permite uma grande versatilidade ao nível de geometria, dimensões, cores e texturas. Por outro lado, permite fabricar componentes de elevado desempenho mecânico e de baixo peso, o que faz com que o peso próprio das estruturas seja reduzido. Esta redução pode ser de até 1/6 em comparação com estruturas equivalentes em concreto armado. Os painéis podem ser utilizados na construção de edifícios novos, na restauração e na reabilitação de estruturas antigas ou danificados (FERNANDES, 2008, p. 5).

Uma das obras de maior dimensão executada com painéis de fachadas em GRC foi o hotel San Francisco Marriot localizado nos Estados Unidos. É o edifício com maior superfície

construída em painéis de GRC (figura 3a). Possui 42 andares e 2400 painéis de fachada (FERNANDES, 2008, p. 5).

Outro exemplo de edifício executado em painéis de GRC é o construído pela empresa Glasscrete em Madrid, na Espanha (figura 3b). Para a execução das fachadas recorreu-se a painéis do tipo *stud-frame* que totalizaram uma área de aproximadamente 2000 m² distribuídos em 383 painéis (FERNANDES, 2008, p. 5).

Figura 3 – (a) Hotel San Francisco Marriot, Estados Unidos e
(b) edifício em Madrid, Espanha



(fonte: FERNANDES, 2008)

Mais um exemplo que ilustra a aplicação do GRC em painéis de fachada é o edifício situado na cidade de Porto, em Portugal. A construção contou com 168 painéis totalizando uma área de 895 m². A figura 4a ilustra o edifício antes da colocação dos painéis de fachada e, figura 4b, a obra em fase de conclusão. Nesta obra houve o cuidado de recorrer, na fase de projeto, a uma tipologia com planos ortogonais onde existe um elevado grau de regularidade e repetição na sua malha estrutural. Isso permite que haja uma sistematização na fabricação e montagem dos painéis permitindo redução de custos e aumento da produtividade (FERNANDES, 2008, p. 6).

Figura 4 – Edifício com fachada em GRC, Portugal (a) antes das intervenções (b) após as intervenções



(fonte: FERNANDES, 2008)

Em âmbito nacional, algumas obras podem ser citadas como exemplo de utilização de painéis de GRC. A primeira, o edifício da Faculdade de Odontologia da Universidade Luterana do Brasil (ULBRA) localizado em Canoas/RS (figura 5a). “O edifício apresenta as quatro fachadas realizadas com painéis pré-fabricados em GRC. Para seguir o padrão das demais construções realizadas com alvenaria aparente, os painéis pré-fabricados em GRC foram revestidos com plaquetas cerâmicas.” (VEFAGO, 2006, p. 138).

Outra obra de destaque é um edifício garagem também localizado na cidade de Canoas/RS (figura 5b). “O edifício apresenta as quatro fachadas executadas com painéis pré-fabricados em GRC e também com painéis em concreto armado nas caixas de escadas. [...] O destaque nessas fachadas fica por conta de painéis sinuosos, que simulam ondas.” (VEFAGO, 2006, p. 154).

Figura 5 – (a) Edifício Faculdade de Odontologia e (b) edifício garagem



(fonte: VEFAGO, 2006)

O GRC também pode ter aplicação estrutural, como é o caso de uma torre de telecomunicações, onde o compósito foi utilizado por ser livre de corrosão e apresentar alta durabilidade. Neste caso, outros compósitos foram associados ao GRC, pelo fato deste compósito não suportar as cargas de vento incidente. A torre apresentada na figura 6 (a) possui 30m de altura e é composta por três segmentos: dois segmentos de 12m e um com 6m. A torre tem forma de tronco de cone, com 70 cm de diâmetro na base e 50 cm no topo. A primeira torre, construída no Brasil com esta tecnologia, está localizada em Taubaté, São Paulo, e alcançou 40m de altura (VEFAGO, 2006, p. 19).

Outra aplicação do GRC que impressiona pelas formas e texturas realistas obtidas é a fabricação de cenários naturais. A figura 6 (b) mostra um cenário construído em 1992, com área total de 700 m², para o *Welsh National Garden*, na Grã-bretanha. Cada molde foi utilizado apenas para um painel, visto que na natureza é difícil uma forma se repetir. Os painéis foram montados e coloridos criando um visual muito próximo do real. As juntas entre os painéis foram preenchidas com GRC (VEFAGO, 2006, p. 18).

Barreiras acústicas utilizadas nas margens das vias rodoviárias também podem ser executadas em GRC (figura 7a) Este tipo de compósito também é muito usado na confecção de mobiliário urbano (figura 7b) uma vez que é muito eficaz na resistência a carbonatação e na penetração de cloretos (FERNANDES, 2008, p. 7).

Figura 6 – (a) Torre de telecomunicações, e (b) cenário natural em GRC



(fonte: VEFAGO, 2006)

Figura 7 – (a) Barreira acústica em rodovia e (b) mobiliário urbano em GRC



(fonte: FERNANDES, 2008)

Outra aplicação que tem sido dada ao GRC é na reprodução de ornamentos arquitetônicos utilizados na restauração de edifícios de valor histórico. A Catedral da Sé, em São Paulo utilizou este sistema em sua obra de ampliação em 2002. De acordo com Barth e Vefago (2007, p. 112):

A utilização do GRC nas fachadas das torres da Catedral da Sé caracterizou-se como um desafio à capacidade de industrializar-se uma obra repleta de detalhes e elementos artesanais, exigindo novas ferramentas de projeto e *design* de componentes, assim como grande flexibilidade na fabricação e montagem dos seus elementos. A leveza do sistema construtivo em GRC conduziu a acréscimos de cargas compatíveis com a capacidade de carga adicional que as fundações existentes podiam suportar.

4.3 CARACTERIZAÇÃO DO COMPÓSITO

O GRC é um compósito, ou seja, é um produto formado pela união de dois ou materiais imiscíveis, combinados entre si para formar um terceiro material com propriedades desejadas. Conforme Santiago² (1997, apud BARTH; VEFAGO, 2007, p. 80), “Os compósitos são caracterizados por duas fases: a fase matriz e a fase de reforço que costuma ser obtida por fibras, lâminas ou partículas, são produtos leves e produzidos com matriz predominantemente polimérica.”.

² SANTIAGO, M. O. **Composites: los nuevos materiales de la construcción**. Composición y características técnicas. Façanes lleugeres: els nous plafons. Barcelona. Espanha. 7 de outubro de 1997.

4.3.1 Fibra de vidro

Diversos são os tipos de fibras de vidro disponíveis no mercado. Barth e Vefago (2007, p. 81) apresentam os principais tipos:

Vidro A e C — possuem grande resistência química e são utilizados como camada superficial de elementos expostos a ambientes que possuem alto grau de corrosão;

Vidro B (borossilicato de cálcio) — grande durabilidade e excelentes propriedades elétricas;

Vidro D (dielétrico) — possui propriedades elétricas que possibilitam seu emprego na construção de componentes eletrônicos, utilizados principalmente para a construção de radares;

Vidro E — dentre as fibras de vidro é a mais utilizada. A denominação E vem da sua propriedade de isolamento elétrico em ambientes com baixa alcalinidade. Possui resistência à tração elevada e baixa absorção de umidade, fazendo com que seja utilizado também em ambientes úmidos;

Vidro R e S — são fibras que possuem alta resistência à fadiga e à tração, (em torno de 33% a mais que as fibras do tipo E) e mantém suas características em altas temperaturas. São utilizadas nas indústrias aeronáutica, espacial e bélica;

Vidro AR — a resistência aos álcalis do cimento é obtida pela incorporação de óxido de zircônia no seu processo de fabricação. Esta fibra é utilizada para produção de componentes em GRC.

Para atender as necessidades da indústria da construção civil houve a necessidade de encontrar um tipo de fibra que fosse compatível com o cimento, principal aglomerante utilizado na maioria das obras. Ao mesmo tempo, esta fibra deveria ser capaz de permitir o reforço da argamassa obtendo assim um composto com maior resistência (FERNANDES, 2008, p. 8).

Em relação a isso, Fernandes (2008, p. 8) afirma que:

Em resposta a esta necessidade apareceu ao nível de mercado a fibra de vidro do tipo AR para o reforço da argamassa. A característica principal deste tipo de fibra é a sua resistência aos álcalis do cimento que é obtida pela incorporação de um mínimo de 16% de óxido de zircônia (ZrO_2) no seu processo de fabricação.

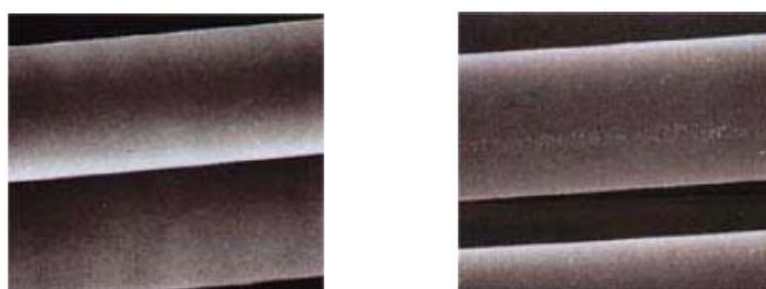
As principais características apresentadas pelas fibras de vidro AR são a elevada resistência mecânica, elevado módulo de elasticidade, incombustibilidade, estabilidade dimensional, resistência à corrosão, capacidade de manter suas características em altas temperaturas além

de que seu processamento é feito com certa facilidade e não são passíveis de inalação (FERNANDES, 2008, p. 8).

Sobre a retenção das características em altas temperaturas Vefago (2006, p. 22) mostra:

“[...] um ensaio acelerado das fibras de vidro AR, onde à esquerda estão fibras novas, que acabaram de ser inserida na matriz cimentícia (figura 8a). Na direita, estão as fibras envelhecidas por 200h, mantidas a temperatura de 80° C (figura 8b). Nota-se que o ataque do álcalis do cimento às fibras AR é muito reduzido, proporcionado pela camada de revestimento de óxido de zircônia.

Figura 8 – (a) Fibras de vidro AR recém-inseridas na matriz cimentícia e (b) fibras após envelhecimento a temperatura de 80° C



(fonte: VEFAGO, 2006)

A tabela 1 apresenta algumas das características das fibras de viro AR, como ponto de fusão, coeficiente de dilatação térmica, resistência à tração, densidade, entre outras.

Tabela 1 – Características das fibras de vidro

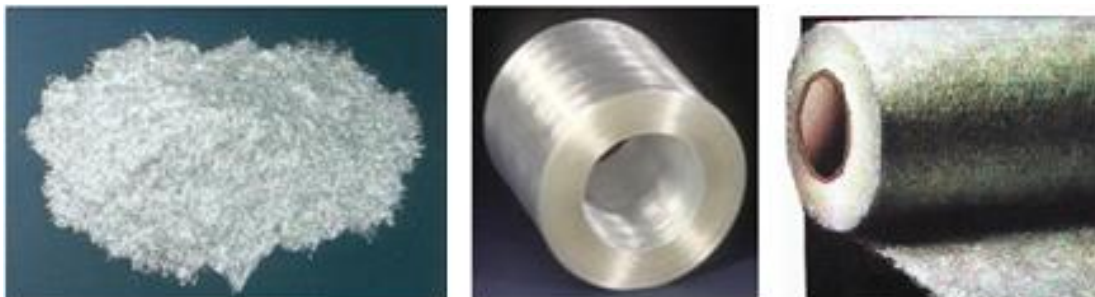
Características	Fibra de vidro AR
Ponto de fusão (°C)	1185
Módulo de Young das fibras a 25°C (GPa)	70
Resistência à tração de uma fibra a 25°C (MPa)	3600
Deformação na rotura (%)	≈ 2
Resistência à tração do feixe de fibras (MPa)	1450 – 1900
Densidade (Mg/m ³)	2.68
Coeficiente de dilatação térmico linear (por 10 ⁻⁶ / °C)	7.5
Diâmetro do filamento (µm)	14 a 20

(fonte: FERNANDES, 2008)

As fibras de vidro podem ser comercializadas na forma de pré-cortados (*chopped*) (figura 9a), em forma de rolos (*roving*) (figura 9b) ou em mantas (*scrim*) (figura 9c). O primeiro formato é indicado para o método de produção designado por pré mistura o segundo, mais

utilizado na produção por projeção e o terceiro, usado como reforço de áreas sujeitas a forças concentradas e elevadas (FERNANDES, 2008, p. 9).

Figura 9 – (a) Fibras de vidro pré cortadas, (b) em rolos e (c) em manta



(fonte: FERNANDES, 2008)

4.3.2 Matriz do compósito

De acordo com Barth e Vefago (2007, p. 81), “A fase matriz geralmente constitui a maior parte do compósito, tendo as funções de envolver a fase de reforço, propiciar estabilidade e distribuir os esforços atuantes para as fibras.”.

A respeito da fase matriz, Fernandes (2008, p. 10) afirma que:

As propriedades da matriz são muito influenciadas pelas variáveis de fabricação. A constituição, o módulo de finura e a quantidade de água usada são importantes variáveis de controle do grau de hidratação e conseqüente variação ao nível de resistência das peças. Uma razão alta de água/cimento resulta numa matriz muito porosa e muito frágil. Por outro lado, se a razão água/cimento é baixa, muito do cimento que contém a mistura não é eficazmente hidratado.

O cimento Portland é o material mais utilizado na produção do GRC. Algumas de suas propriedades são apresentadas na tabela 2.

Tabela 2 – Propriedades do cimento Portland

Propriedades	
Módulo de Young (GPa)	7 – 28
Resistência à compressão (MPa)	14 – 140
Resistência à tracção (MPa)	1.4 – 7
Deformação por tracção na rotura (%)	0,02 – 0,06
Coefficiente de poisson	0,23 – 0,30
Densidade (Mg/m ³)	1.7 – 2.2
Coefficiente de dilatação térmica linear (por 10 ⁻⁶ /°C)	5

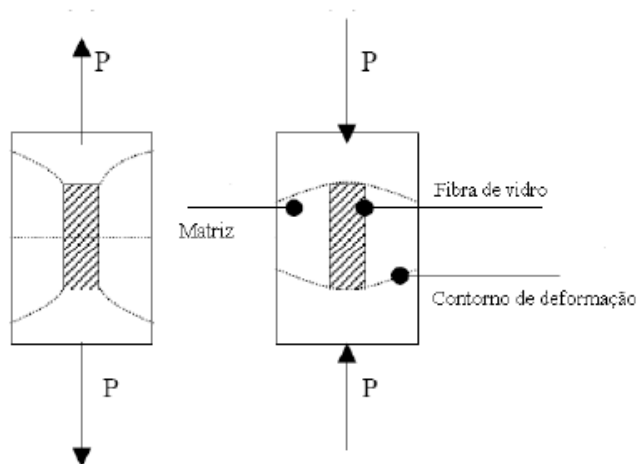
(fonte: FERNANDES, 2008)

A partir das propriedades apresentadas nas Tabelas 1 e 2 conclusões podem ser obtidas acerca de carregamento de um elemento em GRC.

Fernandes (2008, p. 100-11) afirma que:

Nas matrizes que não se encontram fissuradas, quando a ação é aplicada ao elemento, parte dela é transmitida às fibras e a restante à matriz de cimento. Devido a diferença de rigidez entre as duas fases, a fibra de vidro tem um módulo de elasticidade muito superior a matriz do compósito, a deformação ao longo da fibra será menor materializando-se esta diferença em tensões de cisalhamento que desenvolvem ao longo da superfície da fibra.

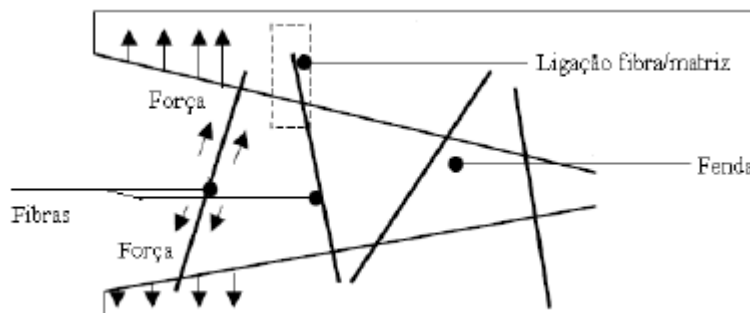
Figura 10 – Interação entre fibra/matriz em fase não fissurada submetida a esforços de (a) tração e (b) compressão



(fonte: FERNANDES, 2008)

Ainda, segundo Fernandes (2008, p. 11), “Nas matrizes fissuradas, as fibras atuam como obstáculo no alargamento das fendas, uma vez que quando carregado o elemento as fibras de vidro opõem-se ao seu alargamento concentrando a força em torno de si.”(figura 11).

Figura 11 – Interação fibra/matriz em fase fissurada



(fonte: FERNANDES, 2008)

Para a areia utilizada na mistura aconselha-se o uso de areia siltosa uma vez que, ela reduz a retração na secagem diminuindo a fissuração e flexão da peça. Ela deve ser lavada e seca para que a matéria solúvel e o teor de partículas finas sejam reduzidos, desta forma, é possível melhorar o controle da relação água/cimento (FERNANDES, 2008, p. 12).

4.4 NORMAS E PROCEDIMENTOS

Sobre as normas e procedimentos ao qual o GRC deve ser submetido, Barth e Vefago (2007, p. 85) afirmam que:

Um programa de controle de qualidade de produção é fundamental na indústria do GRC, pois os produtos fabricados são esbeltos com medidas e juntas coladas em milímetros, onde pequenas variações podem comprometer a montagem dos painéis e o desempenho das fachadas. Um produto fabricado em GRC passa por alguns controles de qualidade, tanto no processo de fabricação, quanto do produto acabado. Alguns ensaios são realizados no compósito, no estado fresco e no estado endurecido, para assegurar a qualidade das matérias-primas e do produto GRC. Entre eles destacam-se os seguintes tipos de ensaios: verificação do teor de fibras na matriz cimentícia no estado fresco, verificação da espessura da camada estrutural de GRC no estado fresco, arrancamento das ancoragens flexíveis no estado endurecido e ensaio à flexão de amostras de GRC no estado endurecido.

No Brasil, a norma NBR 15305 (ABNT, 2005) estabelece as diretrizes e ensaios para o controle de qualidade dos produtos fabricados em GRC. Nela estão dispostos os procedimentos para controle da fabricação destes produtos. O controle deve iniciar no recebimento da matéria-prima, onde cada insumo deve ser estocado separadamente, em local protegido e utilizado por ordem de recebimento (BARTH; VEFAGO, 2007, p. 85).

4.4.1 Ensaio para os Produtos em GRC no Estado Fresco

O ensaio de consistência da matriz cimentícia para o GRC, no estado fresco, segundo Barth e Vefago (2007, p. 86), é “[...] estabelecido na NBR 15306 — parte 1 (Medição da consistência da matriz, 2005), o chamado *slump test*, é empregado para verificar o abatimento da pasta, medido na horizontal em círculos concêntricos [...]”.

A NBR 15306-1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005a, p. 2) apresenta os aparelhos e utensílios a serem utilizados no ensaio:

- a) um tubo metálico ou plástico com uma superfície interior lisa, com $(55 \pm 0,5)$ mm de altura, diâmetro interno de $(57 \pm 0,5)$ mm e diâmetro externo de 65 mm;
- b) uma chapa lisa de material de fácil limpeza, com aproximadamente 300 mm x 300 mm, apresentando uma gravação de nove círculos concêntricos, com uma tolerância de $\pm 0,5$ mm;
- c) uma espátula (colher de pedreiro).

Ainda de acordo com a NBR 15306-1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 2) o ensaio deve ser realizado da seguinte maneira:

- a) colocar a chapa num suporte horizontal;
- b) limpar e umedecer a chapa e o interior do tubo;
- c) colocar o tubo na chapa, centrando no círculo gravado com o número 0;
- d) retirar cerca de 200 cm³ da matriz pronta para ser utilizada;
- e) encher o tubo de uma vez só com a matriz, esperar 30 s e nivelar a superfície com a espátula;
- f) levantar o tubo devagar e verticalmente;
- g) esperar aproximadamente 30 s e ler o número do círculo atingido pela matriz espalhada; arredondar o resultado para o círculo mais próximo;
- h) registrar o resultado no relatório de ensaio.

Na interpretação do ensaio, a NBR 15306-1 afirma que, “O valor ótimo é determinado em função da utilização. Este valor deve ser definido no estudo de composição da matriz. Se o resultado obtido não corresponder ao melhor valor definido, deve ser efetuado um segundo ensaio para validar o resultado antes de alterar a composição.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 2).

4.4.2 Ensaio para os Produtos em GRC no Estado Endurecido

Para o ensaio dos produtos em GRC no estado endurecido, Barth e Vefago (2007, p. 88) ressaltam que:

O controle de qualidade dos produtos no estado endurecido é realizado por ensaios simplificados e/ou completos de flexão, estabelecidos nas partes 4 (Medição da resistência à flexão, método “ensaio simplificado de flexão”) e 5 (medição da resistência à flexão, método “ensaio completo de flexão”) [...]. A diferença entre estes ensaios está somente na precisão de alguns equipamentos e nos resultados, pois pela parte 4 calcula-se a tensão de ruptura, e pela parte 5 calculam-se as deformações e tensões no limite de proporcionalidade e no limite de ruptura.

Como a diferença entre o ensaio simplificado e o ensaio completo de flexão é somente a precisão de alguns equipamentos, serão descritos a seguir somente os procedimentos para execução do ensaio simplificado.

Para o ensaio simplificado de flexão, a NBR 15306-4 estabelece que deve-se “Moldar uma placa nas mesmas condições utilizadas na produção que represente as técnicas de execução de projeção ou pré-mistura. Na moldagem da placa, não utilizar a camada de revestimento eventualmente especificada para o produto final.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 2).

Após a moldagem dos corpos de prova, a NBR 15306-4 afirma que, “Quando os corpos de prova completarem seis dias de idade imergi-los no recipiente cheio com água a (20 ± 2) °C, durante 24 h, até atingirem sete dias de idade. O ensaio deve ser efetuado no máximo 30 min após a retirada dos corpos de prova da água.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 4).

Após, o corpo de prova deve ser posicionado na máquina de ensaio, apoiado sobre os roletes inferiores com distância entre apoios, L , fixa de 200 mm. Para iniciar o ensaio, a velocidade de aplicação de carga deve ser ajustada. Ao fim do ensaio, a carga de ruptura deve ser registrada e a espessura e largura do corpo de prova na zona de ruptura deve ser medida com 0,1 mm de precisão. A massa de cada corpo de prova deve ser determinada e após, os mesmos, devem ser colocados em uma estufa ventilada (105 ± 5) °C até obter uma massa constante, ou seja, até que a diferença entre duas determinações de massa com 24 h de intervalo seja inferior a 0,1% (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 4).

4.5 CARACTERIZAÇÃO DOS PAINÉIS EM GRC

A produção de painéis em GRC iniciou na Inglaterra como extensão das pesquisas realizadas pelo BRE (*Building Research Establishment*), mas, logo se alastrou para o resto do mundo chegando, atualmente, a uma produção anual próxima de 10 bilhões de m². Dentre os principais centros produtores estão Espanha, Inglaterra e Estados Unidos (FERNANDES, 2008, p. 13).

Silva e John (1998, p. 2) afirmam que, “[...] A exemplo do ocorrido em nível internacional, a introdução de painéis GRC no mercado de construção brasileiro poderá representar, simultaneamente, a oferta de uma tecnologia eficiente de vedação de fachada e a geração de novas fontes de atuação para os fabricantes de pré-fabricados de concreto.”.

Nos próximos itens serão apresentadas as vantagens de utilização do compósito GRC em painéis de fachada, bem como os tipos de painéis existentes e os principais métodos utilizados na produção destes componentes.

4.5.1 Vantagens do Uso de GRC na Confecção de Painéis de Fachada

Sobre as vantagens da utilização dos painéis GRC, Silva e John (1998, p. 3) ressaltam:

As vantagens do emprego de painéis na vedação de fachadas têm sido crescentemente divulgadas, com reflexos positivos no cronograma e programação de atividades, na redução do índice de trabalho no canteiro, na racionalização do processo construtivo e consequentemente, na qualidade do produto final. A essas vantagens acrescentam-se diversas outras quando se utiliza o GRC na produção dos painéis, principalmente no que tange à leveza, à *aptidão a incorporação de instalações e camadas de isolamento embutidas e à flexibilidade de projeto* oferecida pelos componentes.

Entre os parâmetros interno e externo que compõe a fachada é criada uma cavidade muito apropriada para o embutimento das instalações e passagem de materiais isolantes e fonoabsorventes, aumentando o nível de isolamento termo acústico (SILVA; JOHN, 1998, p. 4).

Ainda de acordo com Silva e John (1998, p. 5):

O reforço proporcionado pelas fibras de vidro permite que os painéis GRC tenham sua maior dimensão tanto no sentido horizontal como vertical, o que facilita a definição da modulação da fachada. A versatilidade de geometrias e seções pode ser explorada para criar recuos do plano das esquadrias, um recurso de sombreamento

horizontal e vertical que contribui na redução do ganho de calor por incidência solar direta sem prejuízo da ventilação e iluminação naturais.

Quando comparado aos painéis convencionais de concreto, os painéis em GRC apresentam massa significativamente menor, proporcionada por uma espessura típica entre 10 e 15 mm. Com a redução de massa, as cargas sobre a estrutura diminuem permitindo assim, reduzir as seções dos elementos de fundação, uma alternativa muito indicada para casos em que o solo possui pouca capacidade de suporte ou em casos em que o sistema estrutural do edifício possui limitações quanto ao peso máximo do sistema de vedação e revestimento (SILVA; JOHN, 1998, p. 3).

Outra vantagem a ser considerada é que, o aumento da resistência inicial ao impacto, à tração e à flexão é fundamental para “[...] evitar quebras e danos superficiais durante o manuseio e içamento dos painéis e permite reduzir a espessura dos componentes e eliminar a armação de reforço em torno das ancoragens para içamento de painéis de concreto.” (SILVA, 2008, p. 9).

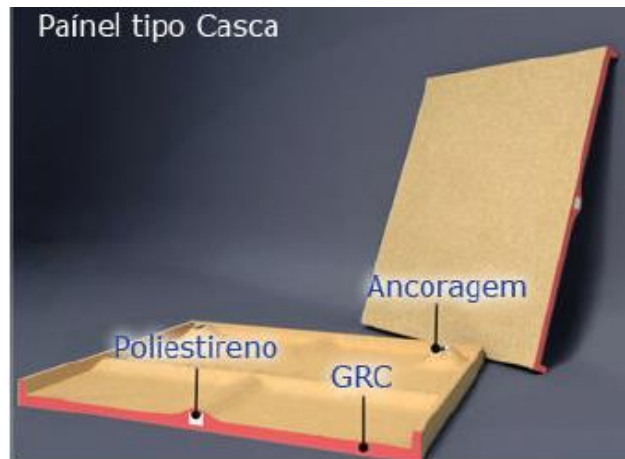
4.5.2 Tipos de Painéis de GRC

De acordo com Vefago (2006, p. 25), “O GRC pode ser moldado com formas variadas através de equipamentos de mistura e projeção, dispositivos adequados. Os painéis de GRC podem ser do tipo casca, nervurado, sanduíche ou stud frame.”.

4.5.2.1 Painéis Tipo Casca

Painéis do tipo casca são planos, em geral de pequenas dimensões, com superfície máxima de 7m² (figura 12). Quando estes painéis apresentam dimensões maiores é necessário inserir nervuras de reforço para garantir a estabilidade estrutural do elemento construtivo. A inserção de nervuras traz limitações ao nível de formas uma vez que se torna difícil inserir nervuras em formas complexas. Quanto ao peso, apresentam entre 30 kg/m² e 45 kg/m². São normalmente utilizados em placagens e cornijas (FERNANDES, 2008, p. 13).

Figura 12 – PAINEL tipo casca

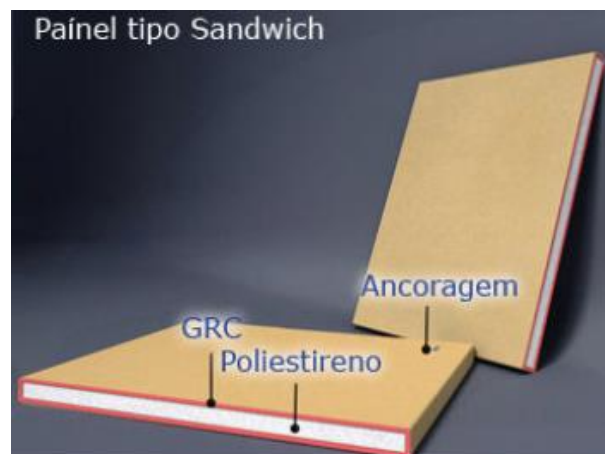


(fonte: FERNANDES, 2008)

4.5.2.2 Painéis Tipo Sanduíche

Os painéis do tipo sanduíche são produzidos com duas camadas de GRC e um núcleo isolante em seu interior (figura 13). O tipo mais usado é composto por duas camadas de 10 mm de GRC e núcleo isolante de poliestireno expandido de 100 mm. As peças podem ter até 12m² de superfície e uma de suas dimensões tem limitação de 3,5m devido a dificuldade de transporte. Seu peso pode variar entre 60 kg/m² e 80 kg/m² em função do tipo de acabamento superficial adotado (FERNANDES, 2008, p. 13-14).

Figura 13 – Painel tipo sanduíche



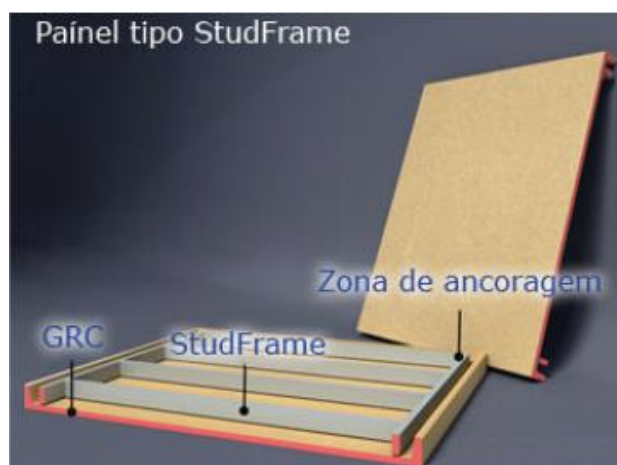
(fonte: FERNANDES, 2008)

4.5.2.3 Painéis Tipo *Stud Frame*

Os painéis *stud frame* são mais empregados nos Estados Unidos uma vez que o aço é utilizado em grande escala naquele país, sendo necessário somente importar a fibra de vidro, produzida na Europa ou Ásia. De modo semelhante, no Brasil, também se faz uso do aço em grandes quantidades fazendo com que o painel com estrutura metálica se torne o mais econômico já que, a segunda camada de GRC é eliminada (VEFAGO, 2006, p. 25).

Este tipo de painel é constituído por uma camada de GRC e uma camada de reforço metálico (figura 14). A estrutura metálica incorporada ao painel permitiu aumentar seu tamanho e as formas das peças. A ligação do elemento é feita entre o reforço e os elementos estruturais do edifício. O espaço interno é muitas vezes aproveitado para passagem de instalações e colocação de isolamento térmico e acústico permitindo desta forma, ganhos em termo de área útil dos edifícios. Peças podem chegar a 22m² de superfície e seu peso varia entre 45kg/m² e 65kg/m² (FERNANDES, 2008, p. 14).

Figura 14 – Painel tipo stud frame



(fonte: FERNANDES, 2008)

4.5.3 Processos de Produção

De acordo com Silva e John (1998, p. 10):

As tecnologias de fabricação de GRC podem ser divididas basicamente em três grupos: (1) *pré-mistura*, em que as fibras tendem a distribuir-se tridimensionalmente; (2) *adaptações de indústria de plásticos reforçados e variações do processo HATSCEK*, em que se utilizam fibras contínuas para maximizar a resistência em uma ou em duas direções ou a combinação de fibras

contínuas e discretas e (3) *método de projeção*, que promovem a distribuição bidimensional aleatória de fibras discretas ao longo do plano projetado.

Neste trabalho somente serão abordados os processos de pré-mistura e projeção visto que são os mais utilizados na indústria brasileira.

4.5.3.1 Pré-mistura

O método de pré-mistura é caracterizado primeiramente pela mistura dos materiais que compõem a argamassa. Em seguida, a fibra de vidro AR é adicionada no misturador. A proporção de água/cimento deve ser inferior a 0.35. Polímeros plastificantes são incorporados ao processo para garantir a trabalhabilidade da matriz (VEFAGO, 2006, p. 30).

Fernandes (2008, p. 17) ressalta ainda que:

A quantidade de água deve ser a mais baixa possível — normalmente adicionam-se plastificantes à mistura de forma a conseguir uma redução na quantidade de água usada sem por em causa a trabalhabilidade e conseguindo um aumento ao nível da resistência dos elementos produzidos;

Deve-se usar uma quantidade adequada de fibra — esta quantidade deve ser aproximadamente entre 1,5% a 3% da massa total da matriz com o seu comprimento a variar entre 12 – 24 mm;

O método de pré-mistura apresenta algumas dificuldades uma vez que se torna difícil obter uma distribuição uniforme das fibras ao longo da matriz cimentícia, evitando aglomerados de fibras que podem comprometer a resistência das peças. Este fenômeno é evitado com a verificação das proporções dos vários componentes da mistura e respeitando os tempos de agitação recomendados (FERNANDES, 2008, p. 17).

Um exemplo de proporção de mistura para utilização no processo de pré-mistura está apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Mistura proposta para o processo de pré-mistura

Mistura proposta	
Cimento	50 Kg
Areia	50 Kg
Água	15 – 17 Litros
Plastificante	Conforme indicações do fabricante
Polimero	Opcional
Cem-FIL AR cortada (12 mm a 24 mm)	1,5% – 3%

(fonte: FERNANDES, 2008)

4.5.3.2 Projeção Direta

Segundo Fernandes (2008, p. 18), “A projeção direta é o método de produção mais usado na indústria do GRC pela sua eficácia e facilidade de execução.”.

Neste processo, a argamassa e a fibra de vidro são mantidas separadas e somente entram em contato no molde. A aplicação é feita através de um projetor de cabeça concêntrica onde, no centro da boquilha, sai a fibra de vidro e a argamassa é projetada pelas bordas (VEFAGO, 2006, p. 31).

O teor de fibras no processo de projeção direta é maior do que no processo de pré-mistura, chegando a aproximadamente 5%. A relação água/cimento é baixa, varia entre 0.30 a 0.35 fazendo com que seja necessário o uso de aditivos para manter a consistência para a projeção (FERNANDES, 2008, p. 18).

A Tabela 4 apresenta um exemplo de mistura para utilização no processo de projeção direta.

Tabela 4 –Mistura proposta para o processo de projeção direta

Mistura proposta	Kg
Cimento	50 Kg
Areia	50 Kg
Água	15 – 17 Litros
Plastificante	Conforme indicações do fabricante
Polimero	Opcional
Cem-FIL AR cortada (25 mm a 40 mm)	3% – 5%

(fonte: FERNANDES, 2008)

Neste método, o operador move a pistola (figura 15a) em faixas retas ao longo do molde. O primeiro material a ser projetado é o de argamassa sem fibra de vidro, com cerca de 1 mm de espessura. Em seguida, projeta-se várias camadas de GRC já com a fibra de vidro incorporada sendo recomendadas camadas com espessura próxima de 3 mm e devidamente compactadas com rolos metálicos para evitar vazios (figura 15b). A primeira camada aplicada de GRC não deve endurecer antes da aplicação da camada seguinte para evitar delaminação da peça. Recomenda-se também que cada camada seja projetada na direção perpendicular à camada anterior obtendo assim, uma distribuição mais uniforme da pasta ao longo do molde (FERNANDES, 2008, p. 19).

Com o método de projeção por camadas e a orientação das fibras no plano do molde, é possível obter grandes resistências mecânicas com pequenas espessuras. Isto faz com que este método seja recomendado para os painéis de fachada uma vez que possibilita uma otimização na relação custo/benefício (VEFAGO, 2006, p. 32).

Figura 15 – (a) Pistola de projeção (b) projeção da argamassa e fibra no molde



(fonte: VEFAGO, 2006)

4.5.4 Tipos de Moldes

De acordo com Vefago (2006, p. 26), “Os moldes são definidores do bom desempenho compositivo do componente. O índice de repetição de um dado molde é caracterizado pelo tipo de material empregado.”.

Para Silva (2008, p. 19) os moldes devem apresentar as seguintes qualidades:

- a) estabilidade volumétrica, para que as dimensões dos elementos obedeçam às tolerâncias especificadas;
- b) possibilidade de ser reutilizadas diversas vezes sem gastos excessivos de manutenção;
- c) sere de fácil manejo e facilitar tanto a colocação e fixação da armadura em seu interior quanto dos elementos especiais, se for o caso;
- d) apresentar pouca aderência com o concreto e fácil limpeza;
- e) facilidade de desmoldagem, sem apresentar pontos de presa;
- f) estanqueidade, para que não ocorra fuga de nata de cimento, com prejuízo na resistência e no aspecto do produto;
- g) versatilidade, de forma a possibilitar seu uso em várias seções transversais;
- h) transportabilidade, no caso e execução com forma móvel.

Vefago (2006, p. 27), destaca que, “Existe uma enorme variedade de materiais utilizados na confecção dos moldes, sendo que os mais utilizados são o aço, a madeira, a resina de poliéster reforçado com fibra de vidro e o próprio GRC.”.

Os moldes de madeira devem receber uma camada de selador antes da utilização para prevenir a absorção de umidade. Estes materiais possibilitam poucas repetições e a cada desmoldagem deve-se examinar a integridade do molde. Já os moldes em concreto e em GRC podem ser reproduzidos em vários formatos, apresentam grande rigidez, grande estabilidade dimensional e elevada repetitividade. Os moldes de resina de poliéster também possuem alta reutilização e são mais utilizados em painéis com geometrias complexas. Os moldes em aço são particularmente adequados para obter componentes de superfície planas, permite um excelente acabamento superficial, apresentam um enorme número de reutilização que pode chegar a 500 (VEFAGO, 2006, p. 28).

4.5.5 Cura dos Painéis

Sobre a cura dos painéis de GRC Barth e Vefago (2007, p. 89) afirmam que:

Os produtos de GRC pertencem à família dos concretos, necessitando uma etapa de cura para que sejam atingidas as características mecânicas especificadas em projeto. Os componentes produzidos em GRC são normalmente muito esbeltos e com baixa relação água/cimento, exigindo seu cobrimento com uma lona de polietileno logo após a concretagem, para que a fluxo de ar no ambiente não evapore a água da mistura. A cura dos produtos do GRC pode ser úmida ou ao ar.

A cura úmida começa logo após a fabricação, o produto do GRC “[...] deve ficar coberto umas horas num ambiente que ronde os 16 °C. Posteriormente pode ser removido do molde e curado por mais sete dias em câmara úmida, com temperatura variando conforme o local e umidade relativa de 95%.” (FERNANDES, 2008, p. 20).

“Na cura ao ar livre deve-se evitar a evaporação excessiva, podendo-se utilizar polímeros que impeçam a saída de água da matriz. O polímero forma uma película em volta do compósito, possibilitando assim a retenção da água da mistura necessária à hidratação do cimento.” (BARTH; VEFAGO, 2007, p. 89).

4.5.6 Fixação dos Painéis

Conforme Oliveira e Oliveira (2004, p. 56):

A fixação dos painéis à estrutura de concreto do edifício é feita por meio de dispositivos de fixação de aço galvanizado. Esses dispositivos foram dimensionados de modo a suportar o peso próprio dos painéis, as tensões devidas ao vento e, ainda, absorver tolerâncias dimensionais e movimentações higrotérmicas e /ou diferenciais entre estrutura e painel.

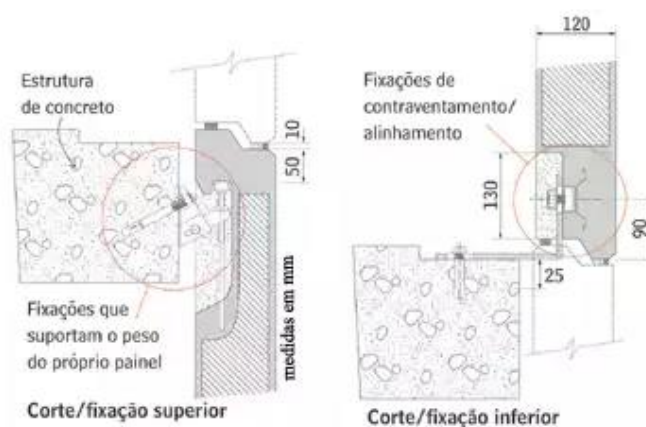
O painel é fixado à estrutura por quatro pontos, sendo dois responsáveis pela transferência de cargas referentes ao peso próprio e dois relativos ao contraventamento e eventuais alinhamentos. [...].

Os dispositivos de fixação são chumbados na estrutura de concreto armado por meio por meio de chumbadores mecânicos. Esses dispositivos são pós-fixados, ou seja, são fixados à estrutura após a concretagem e a cura, e são projetados para absorver tolerâncias dimensionais da ordem de 25 mm. Essa tolerância deve absorver tanto eventuais desaprumos da estrutura quanto movimentações do próprio painel, evitando empenamentos.

Ainda de acordo com Oliveira e Oliveira (2004, p. 56), a segurança estrutural das fachadas constituídas com painéis de GRC, “[...] depende da integridade física do painel e de seu desempenho estrutural, bem como da durabilidade das fixações, que é diretamente proporcional à resistência à corrosão das mesmas.”.

A figura 16 apresenta um esquema de fixação de painéis de GRC.

Figura 16 – Esquema de fixação de painéis de GRC



(fonte: OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2004)

4.5.7 Juntas

De acordo com Fernandes (2008, p. 25), “As juntas nas fachadas pré-fabricadas exigem especial atenção no seu dimensionamento e na escolha do material de enchimento adequado. Elas costumam ser o ponto crítico das fachadas por estarem expostas às intempéries e submetidas a um grande número de solicitações.”

“As juntas entre painéis são responsáveis pela estanqueidade à água e ao ar e pela capacidade de absorver deformações sem introduzir tensões adicionais nos painéis.” (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2004, p. 57).

Sobre os tipos de juntas Fernandes (2008, p. 25) destaca:

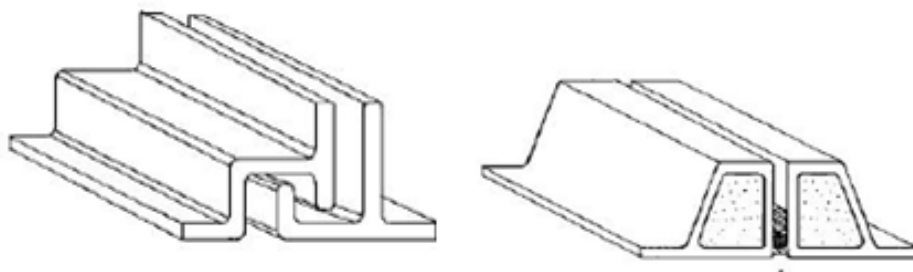
As fachadas pré-fabricadas podem ter juntas abertas ou seladas, conforme o tipo de painel usado e a função que desempenham.

Nas juntas abertas o volume existente entre a ligação dos dois elementos não é preenchida com qualquer tipo de material de enchimento. Este tipo de descontinuidade na fachada permite acomodar as variações dimensionais dos painéis devido às alterações de temperatura e de umidade e controlar as tolerâncias de fabricação e de montagem. Este tipo de junta é normalmente usado em fachadas onde não existam exigências a nível térmico e acústico, de resistência ao fogo e de estanqueidade, como por exemplo varandas.

Relativamente a juntas seladas, as suas funções são de garantir a estanqueidade, contribuir no isolamento térmico e acústico da fachada, acomodar as tolerâncias de fabricação e de montagem e permitir os movimentos cíclicos frequentes a que os painéis estão sujeitos.

A figura 17 apresenta as juntas do tipo aberta e fechada

Figura 17 – (a) Junta aberta e (b) junta selada



(fonte: OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2004)

5 METODOLOGIA DA PESQUISA

Como metodologia do trabalho, optou-se por utilizar modelagem de informações colhidas de especialistas e conhecedores do assunto, por meio de uma pesquisa qualitativa e exploratória do tipo estruturada e não estruturada. A escolha por este método ocorreu pelo fato de que, com o uso da modelagem por entrevista qualitativa, é possível obter, de forma rápida, um grande número de informações sobre o tema proposto sem necessidade de grandes trabalhos de laboratório já que, por se tratar de um trabalho de conclusão de curso, o tempo é restrito.

A coleta de informações foi dividida em duas etapas através de duas rodadas de entrevistas. Na primeira rodada fez-se uso da pesquisa do tipo estruturada, com aplicação de questionários a três profissionais conhecedores do sistema GRC ou que de alguma maneira já estiverem envolvidos com o método. Neste primeiro momento, o questionário foi desenvolvido de modo a explorar, de uma maneira mais ampla, o objetivo do trabalho bem como as principais vantagens e desvantagens deste sistema construtivo. Esta primeira etapa foi importante para os primeiros entendimentos a respeito do tema da pesquisa.

Na segunda etapa, de posse das informações obtidas na primeira rodada de entrevistas, foi realizada uma análise das respostas e identificados pontos que poderiam ser mais explorados. Desta forma, o objetivo desta segunda rodada de entrevistas foi aprofundar aspectos mais específicos da pesquisa.

Para conseguir aprofundar tópicos levantados na primeira fase da pesquisa foram realizadas, na segunda fase, duas visitas técnicas. A primeira visita foi realizada à sede da empresa Siscobras Sistemas Construtivos do Brasil SA, localizada em Ivoti, município da região metropolitana de Porto Alegre/RS. A empresa atua no ramo das construções industrializadas utilizando sistemas pré-fabricados em GRC. Na visita foi possível acompanhar a produção de painéis e demais produtos em GRC e aplicar um questionário ao engenheiro responsável pela linha de produção destes produtos.

O questionário aplicado ao engenheiro responsável pela produção da fábrica foi do tipo estruturado. A abordagem principal das perguntas realizou-se em torno dos pontos apontados na primeira etapa com destaque ao quesito inserção e aceitação dos produtos no mercado e dificuldades técnicas encontradas na fabricação.

Após visitação à fábrica da Siscobras, a segunda visita técnica foi realizada a uma das obras da empresa. Na obra foi possível acompanhar a montagem das unidades pré-fabricadas, tirar dúvidas quanto às dificuldades encontradas em campo e obter a opinião do engenheiro responsável quanto ao método construtivo utilizado. Para condução da entrevista foi utilizado o método não estruturado, uma vez que a entrevista se deu de uma forma mais informal, sem um roteiro pré-definido de perguntas.

Esta segunda fase do trabalho foi importante para um maior aprofundamento de questões abordadas na primeira etapa bem como foi possível obter a visão do fabricante sobre as dificuldades de consolidação deste sistema no mercado nacional.

A seguir serão mais bem detalhadas as etapas da pesquisa, o tipo de pesquisa, os métodos de abordagem, o roteiro de questões utilizado e o perfil dos entrevistados.

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa qualitativa foi a opção escolhida para condução do trabalho por possuir caráter exploratório onde é possível obter um grande número de informações a partir de um número pequeno de entrevistados e, por permitir abranger, de um modo geral, a questão de pesquisa proposta.

De acordo com Neves (1996, p. [1]):

“Enquanto estudos quantitativos geralmente procuram seguir com rigor um plano previamente estabelecido (baseado em hipóteses claramente indicadas e variáveis que são objeto de definição operacional), a pesquisa qualitativa costuma ser direcionada, ao longo de seu desenvolvimento; além disso, não busca enumerar ou medir eventos e, geralmente, não emprega instrumental estatístico para análise de dados; seu foco de interesse é amplo e parte de uma perspectiva diferenciada da adotada pelos métodos quantitativos. Dela faz parte a obtenção de dados descritivos mediante contato direto e interativo do pesquisador com a situação objeto de estudo. Nas pesquisas qualitativas, é frequente que o pesquisador procure entender os fenômenos, segundo a perspectiva dos participantes da situação estudada e, a partir, daí situe sua interpretação dos fenômenos estudados.”

Ainda, segundo Silveira e Córdova (2009, p.31), “Os pesquisadores que utilizam os métodos qualitativos buscam explicar o porquê das coisas, exprimindo o que convém ser feito, mas não quantificam os valores e as trocas simbólicas nem se submetem à prova de fatos, pois os dados analisados são não-métricos [...]”.

Segundo Gil (2002, p. 45),” A pesquisa exploratória é aquela que tem o objetivo principal, o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições ou realidades.”.

A pesquisa deste trabalho apresenta caráter exploratório que, conforme Selltiz et. al.³ (1997, p. 63 apud GIL, 2002, p. 41)

“[...] têm como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torna-lo mais explícito ou a construir hipóteses. Pode-se dizer que estas pesquisas têm como objetivo principal o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições. Seu planejamento é, portanto, bastante flexível, de modo que possibilite a consideração dos mais variados aspectos relativos ao fato estudado, Na maioria dos casos, essas pesquisas envolve: (a) levantamento bibliográfico; (b) entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado; e (c) análise de exemplos que “estimulem a compreensão”.”.

Após a caracterização da pesquisa como sendo do tipo qualitativo-exploratória, o passo seguinte foi a definição do tipo de entrevista.

5.2 CARACTERIZAÇÃO DAS ENTREVISTAS

Várias são as formas possíveis de se conduzir uma entrevista. Dentre as possíveis formas destaca-se o tipo não estruturada, semiestruturada e estruturada.

De acordo com Minayo (2001, p. 58):

Em geral, as entrevistas podem ser *estruturadas* e *não-estruturadas*, correspondendo ao fato de serem mais ou menos dirigidas. Assim, toma-se possível trabalhar com a entrevista *aberta* ou *não-estruturada*, onde o informante aborda livremente o tema proposto; bem como com as *estruturadas* que pressupõem *perguntas previamente formuladas*.

Sobre as entrevistas estruturadas Gerhardt et al. (2009, p.72), afirmam que, “Na pesquisa estruturada, segue-se um roteiro previamente estabelecido, as perguntas são predeterminadas. O objetivo é obter diferentes respostas à mesma pergunta, possibilitando que sejam comparadas.”.

Ainda segundo Gerhardt et al. (2009, p. 72), nas pesquisas não-estruturadas, “[...] o entrevistado é solicitado a falar livremente a respeito do tema pesquisado. Ela busca a visão geral do tema. É recomendada nos estudos exploratórios.”.

³ SELLTIZ, Cleire et al. **Métodos de pesquisa nas relações sociais**. São Paulo: Herder, 1967.

Valles (1999, p. 187) destaca que:

Nas entrevistas não estruturadas, o entrevistador segue o entrevistado, fazendo perguntas ocasionais para ajustar o foco da questão ou para clarificar aspectos importantes. O pesquisador geralmente possui um guia com os tópicos a desenvolver, não seguindo uma ordem para as questões a apresentar.

“Quando a entrevista é não estruturada, o tópico de pesquisa é explicado e, a seguir, tanto o respondente quanto o entrevistador têm total liberdade na condução do diálogo. (RIBEIRO; MILAN. 2007, p. 09)”.

Para a condução das entrevistas utilizadas neste trabalho, empregou-se, na primeira e em parte da segunda fase, um roteiro do tipo estruturado, caracterizado por uma relação fixa de perguntas. Esta opção foi escolhida por melhor se encaixar ao perfil dos entrevistados.

Na visita a obra, optou-se pela entrevista do tipo não estruturada, caracterizada por não ter uma relação prévia de perguntas, somente uma lista de tópicos a serem abordados.

5.3 ENTREVISTADOS

Existem poucos especialistas e conhecedores do sistema GRC no Brasil. Assim, a escolha dos entrevistados para a primeira etapa, foi baseada nos autores utilizados na revisão bibliográfica do trabalho. São eles:

- a) Professora Doutora Claudia Terezinha de Andrade Oliveira, docente do Departamento de Tecnologia da Arquitetura da Universidade de São Paulo. Autora do artigo “Painel de GFRC para fachadas de edifícios”, publicado na revista *Técne* em setembro de 2004;
- b) Professor Doutor Fernando Barth, docente do Grupo de Pesquisa em Tecnologia do Ambiente Construído da Universidade Federal de Santa Catarina. Autor do livro “Tecnologia de fachadas pré-fabricadas”, publicado pela Editora Contemporânea em 2007;
- c) Doutor Luiz Henrique Maccarini Vefago, atualmente revisor de periódico da *Resources, Conservation and Recycling*. Autor da Dissertação “Fachadas pré-fabricadas em argamassa com fibra de vidro em três estudos de caso na grande Porto

Alegre” e autor do livro “Tecnologia de fachadas pré-fabricadas”, publicado pela Editora Contemporânea em 2007.

Demais informações das publicações citadas acima constam nas referências bibliográficas uma vez que todas foram utilizadas como revisão bibliográfica da pesquisa.

Os entrevistados, na segunda etapa do trabalho, foram:

- a) Engenheiro Silvio Brecovit, gerente de tecnologia e processos da empresa Siscobras Sistemas Construtivos do Brasil SA;
- b) Engenheiro Jeferson Viriato, responsável pela execução de obras da empresa Siscobras Sistemas Construtivos do Brasil SA.

5.4 CARACTERIZAÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS

Existem vários tipos de questionários, entre eles os questionários com perguntas fechadas e os que utilizam perguntas abertas. Em todos os questionários aplicados nesta pesquisa foram utilizadas questões abertas.

Segundo Prodanov e Freitas (2013, p. 109), “Nas questões abertas, os respondentes ficam livres para responderem com suas próprias palavras, sem se limitarem à escolha entre um rol de alternativas.”.

De acordo com Kotler (2000, p. 132):

As perguntas abertas permitem a quem está respondendo fazê-lo em suas próprias palavras. [...] As perguntas abertas em geral são mais reveladoras, pois não limitam as respostas dos entrevistados. As perguntas abertas são particularmente úteis em pesquisas exploratórias, em que o pesquisador está procurando saber como as pessoas pensam, e não mensurar quantas pessoas pensam de um determinado modo.

Os questionários contendo as respostas completas de todos participantes das entrevistas constam no apêndice A ao final do trabalho porém as mesmas serão apresentadas ao longo dos próximos capítulos. .

6 RESULTADOS E ANÁLISES DOS DADOS

6.1 PRIMEIRA ETAPA

A primeira etapa do trabalho consistiu em uma rodada de entrevistas com três profissionais conhecedores do concreto reforçado com fibra de vidro. O questionário abordou questões relativas às vantagens e desvantagens do GRC e, principalmente, questões cujas respostas levam a compreender os motivos que fazem com que este material seja pouco explorado e, por que o sistema encontra dificuldades para ser implantado no mercado brasileiro visto que, internacionalmente, ele já é um sistema consolidado.

A primeira fase da pesquisa foi de extrema importância uma vez que contou com a participação e opinião de profissionais experientes. Pode-se assim, comparar as diferentes opiniões e, posteriormente, realizar uma análise própria.

Nos questionários foram utilizadas perguntas abertas, o que permite que cada entrevistado responda com suas próprias palavras, tornando assim, a análise de dados mais complexa e dificultando sua tabulação. Deste modo, como os entrevistados já foram identificados anteriormente, suas opiniões serão citadas e identificadas pelo sobrenome do respondente.

6.1.1 Entrevistas Primeira Etapa

Segundo Barth (2003 p. [01]), “A argamassa reforçada com fibras de Vidro AR (álcali resistente) teve sua origem na Inglaterra nos anos 70 e em 1999 começou a ser fabricada no Brasil.”.

Há dezesseis anos sendo produzido no Brasil, o GRC ainda é desconhecido por grande parte do mercado brasileiro. Oliveira destaca que teve contato com o GRC, pela primeira vez, “há, aproximadamente, 21 anos, no curso de mestrado, em disciplinas sobre materiais reforçados com fibras para a construção civil. Mas naquela época o meu foco de estudo era o GRG (glassfiber reinforced gypsum) aplicado ao desenvolvimento de componentes de vedação vertical interna para edificações residenciais. Usávamos fibras de vidro tipo E para o reforço do gesso.”. Barth ressalta que conhece o material desde 1993, muito antes de sua fabricação ter início no Brasil e, para Vefago, o contato com o GRC se deu anos depois, em 2001.

Materiais reforçados com fibras para uso na construção civil já são estudados há anos por pesquisadores e universidades do país, porém, certos materiais, como o GRC, não têm tanta difusão no mercado nacional. Quais são os principais entraves encontrados pelo mercado a fim de justificar a não utilização deste sistema é a principal questão que este trabalho objetiva responder.

As vantagens do GRC são muitas, Oliveira destaca que “O material tem características importantes tais como a maior resistência à tração na flexão, ao impacto e, maior tenacidade, quando comparado a argamassas de bases cimentícia sem reforço de fibras. Disso decorre a possibilidade de produção de painéis de vedação de menor espessura, mais leves com benefícios para a produção e montagem em obra, quando comparados a painéis de concreto, por exemplo.

O desempenho do painel, como de praxe, está associado ao seu desenho, às formas de fixação à estrutura do edifício e suas interfaces com outros elementos construtivos. Assim, todas as propriedades do material são importantes para o desempenho final do componente e do sistema de vedação.

Considerando que o componente é o resultado da mistura de cimento, areia, vidro, pequenas dosagens de aditivos, o material é passível de reciclagem, ou seja, poderia ser considerado resíduo inerte. Ou não? Os vínculos metálicos também poderiam ser reciclados, desde que viabilizada a dissociação dos mesmos da base de GRC.”.

Barth também afirma que as maiores vantagens do concreto reforçado de fibra de vidro são a moldabilidade e leveza, opinião compartilhada por Vefago.

Para os três profissionais consultados os principais benefícios deste material são a sua leveza e sua adaptabilidade a diferentes formas. Em comparação aos tradicionais pré-fabricados de concreto, o GRC é cerca de 40% mais leve, facilitando assim, a produção, o transporte e o manuseio do material. A pequena espessura, entre 10 e 15 mm, é possibilitada pela incorporação das fibras de vidro à matriz cimentícia. A facilidade de obtenção de diversas geometrias faz com que o compósito seja utilizado tanto na fabricação de painéis quanto na produção de diversos outros tipos de produtos.

Um ponto importante levantado nesta questão é a possibilidade de reciclagem deste material, tanto do GRC em si quanto da estrutura metálica utilizada na sua fixação. A construção industrializada já reduz a produção de resíduos uma vez que há um maior controle de produção dentro das indústrias. Esta redução de resíduos advinda da indústria juntamente com a posterior reciclagem deste material, depois de utilizado, pode contribuir para redução do índice de desperdícios e desenvolvimento de construções mais sustentáveis.

No que tange as desvantagens apresentadas pelo método, Oliveira destaca que o preço das fibras de vidro, que são importadas, “[...] é uma das desvantagens sempre apontada pelos fabricantes. Não há muita diversidade de fornecedores da fibra AR. A incerteza quanto à durabilidade do material aplicado na forma de painéis, e também a falta de estruturação de um mercado de reposição (na etapa de manutenção dos painéis) é uma limitação para empreendimentos que visam reduzir os riscos.”.

Para Barth, a desvantagem também se deve ao “Custo elevado pela importação da fibra de vidro resistente aos álcalis.”. Opinião também compartilhada por Vefago que afirma que “O custo do sistema, devido aos equipamentos específicos para esta tecnologia e os insumos utilizados”, é um impeditivo para consolidação do método.

A fabricação do GRC só é possível com a importação de diversos insumos, entre eles, a fibra de vidro AR, responsável por resistir aos esforços de tração. Em tempos de economia em crise e alta do dólar, sistemas que utilizam insumos importados sofrem com a concorrência de produtos que utilizam em sua composição matérias primas fabricadas no país. Desta forma, estes sistemas em GRC tornam-se menos procurados que os métodos tradicionais e, conseqüentemente, menos produzidos e conhecidos do público.

Em contrapartida, sistemas pré-fabricados possuem a vantagem de saírem prontos de fábrica, sendo necessário somente realizar a montagem em obra. Assim, custos advindos de desperdício de material e retrabalho quase não existem quando comparados à execução de uma estrutura *in loco*. Portanto, ao planejar uma obra, todas essas variáveis devem ser levadas em consideração para que o sistema construtivo escolhido seja o que melhor se adequa às necessidades do consumidor final.

O GRC ainda é pouco conhecido e muito restrito a obras comerciais. Uma questão levantada no questionário aplicado aos profissionais entrevistados é a de quais as mudanças que o material provocaria se seu uso fosse mais intenso no cenário nacional.

Oliveira descreve que é difícil formular um cenário realista de mudanças com o uso mais intenso do GRC mas, “como toda tecnologia, por natureza racionalizada, cujo uso ainda não foi consagrado pela prática, o uso mais intensivo do GRC traria expectativas de redução de resíduos, maior racionalidade da produção, variedade de formas e texturas.

O GRC oferece facilidade de moldagem de geometrias e superfícies complexas. Julgo essa uma das aplicações mais vantajosas dos painéis de GRC. O uso do GRC na produção de banheiros prontos como os produzidos pela Pavi do Brasil, em minha opinião, também é uma boa opção de emprego do material. Mas eu desconheço as razões pelas quais não são mais produzidos, ou o são em pequena escala.

O uso do GRC para a produção de componentes do sistema de fôrmas para concreto moldado *in loco*. Esses componentes ficam incorporados à estrutura de concreto. Talvez nesse caso, não haja necessidade do uso de fibras AR.”.

Para Barth, o uso mais intensificado de produtos e sistemas em GRC traria mais “Diversidade de produtos cimentícios e fachadas com maior destaque nos edifícios.”. Vefago afirma que, “A vantagem está justamente em grandes painéis de fachada então, neste caso, haveria maior composição arquitetônica das fachadas dos edifícios.”.

Oliveira destacou pontos como utilização do GRC na produção de banheiros. Como a moldabilidade é uma das principais vantagens deste material, a utilização do mesmo na fabricação de produtos, que não painéis, é um nicho de mercado que pode ser mais explorado pelos fabricantes. Como será mostrado mais adiante, a empresa visitada, na segunda etapa do trabalho, produz mobiliário em GRC para unidades prisionais. Mobiliário urbano como lixeiras, bancos e etc. também poderiam ser produzidos utilizando o compósito com a vantagem de se obter, ao final do processo, um produto resistente, de alta durabilidade e livre de corrosão.

A aceitação do usuário, consumidor final do produto, também é uma questão que deve ser levada em consideração. Para Barth, o sistema não encontraria dificuldades “[...] por ter

características similares aos painéis de concreto que são mais aceitos”. Para Vefago, “esta tecnologia pré-fabricada possibilita muitas vantagens em relação à construção convencional, como composição e estanqueidade das vedações.”, tornando fácil a aceitação por parte do usuário. Porém, Oliveira ressalta que “a questão crítica para o usuário é a manutenção do sistema de vedação com painéis de GRC.”.

Há um consenso entre a opinião dos profissionais de que, do ponto de vista do usuário, o sistema de painéis de fachada ou demais peças em GRC seria bem aceito. Essa aceitação, segundo Barth se deve muito ao fato das características serem próximas aos dos painéis de concreto, mais presente no dia-a-dia dos usuários. Muito consolidado, o uso de produtos em concreto já faz parte da cultura construtiva do brasileiro, dificultando a inserção de novos métodos no mercado, muitas vezes, com maiores vantagens do que os tradicionalmente usados.

A manutenção de novos sistemas também é uma variável levada em consideração pelo usuário ao se optar por um ou outro método construtivo. Métodos já enraizados na construção civil brasileira possuem larga vantagem quanto à manutenção por serem amplamente conhecidos.

Outra pergunta realizada abordou a questão da fabricação de painéis com maior detalhamento. Os painéis de GRC utilizados em fachadas são, em sua grande maioria, lisos apesar do GRC apresentar grande versatilidade de geometrias. Para Oliveira, a “Falta de investimento em desenho e em projeto de detalhes que dependem do conhecimento mais profundo do material, dos meios de produção e das técnicas de instalação.”, fazem com que detalhes sejam pouco utilizados nos painéis.

Barth ainda destaca que, “Painéis com geometrias mais complexas exigem moldes mais sofisticados que podem elevar os custos de produção, porém a escala de produção pode amenizar esse problema.”, mesma opinião compartilhada por Vefago (2015) que afirma que, “Assim como outros sistemas com materiais pré-fabricados, este sistema já é mais custoso que as vedações convencionais. Geometrias mais elaboradas aumentam o custo com moldes e estes moldes muitas vezes são elaborados com materiais mais caros, como o silicone. De outra parte, o índice de repetição dos mesmos faz com que o custo por molde diminua, sendo possível sua viabilidade.”.

Outro quesito a ser mais explorado é de que, além de detalhes estéticos, detalhes construtivos que contribuem para manutenção da fachada podem ser incorporados. Uma vez vencida a questão da escala de produção, elementos como molduras, frisos horizontais, verticais e demais detalhes arquitetônicos que favorecem o escoamento da água e contribuem para proteção das fachadas poderiam ser incorporados à fabricação dos painéis, garantindo uma maior durabilidade e conservação das fachadas dos edifícios.

A falta de investimento e/ou conhecimento em projetos em geral, não somente de detalhes, também é uma grande dificuldade a ser superada, Novas tecnologias demandam criatividade e habilidade de se lidar com novos materiais e situações diferentes das habituais

Para Oliveira, os detalhes construtivos que podem ser mais explorados na fabricação dos painéis em GRC são, “Fixação, juntas e interfaces com outros elementos construtivos de fachada. Além disso, o desenvolvimento de novas formas e geometrias dos *stud frames*, valendo-se do atual estágio de domínio da tecnologia de corte e dobra de chapas metálicas por meio de processos comandados por controle numérico.”.

Na opinião de Barth, a fixação dos painéis também é um ponto a ser mais desenvolvido. “Fixação dos painéis de fachada com guias de retenção do tipo *Halfen* podem contribuir para facilitar a montagem e aumentar controle dimensional de juntas.”.

Vefago também afirma que as fixações são o ponto crítico na fabricação dos painéis tanto na desmoldagem quanto da instalação dos mesmos no edifício. Além disso, “Outros detalhes construtivos como painéis de canto também são muito utilizados e fáceis de serem fabricados.”.

O uso do concreto reforçado com fibra de vidro ainda pode ser considerada uma inovação em nosso país apesar sua produção ter iniciado em 1999. Uma indagação feita aos entrevistados foi se a construção civil brasileira esta pronta incorporar esta “nova” tecnologia. Oliveira afirma que, “Sim, mas depende da região e do porte da obra. Se não há mercado de reposição (mão de obra, insumos e equipamentos) ao alcance do usuário, as incertezas são inúmeras.”.

Para Barth, “O mercado da construção de edifícios é dinâmico, com mecanismos de desenvolvimento e regulação que se fundamentam na relação entre custos e benefícios, oferta

e demanda de produtos e serviços. A tecnologia do Glass Reinforced Concrete tem nichos específicos no mercado internacional dos concretos especiais.”.

Na opinião de Vefago, “Pelos aspectos de desempenho sim, porém, os altos custos limitam a utilização do sistema em alguns nichos de mercado. Existem exemplos de fachadas de edifícios residenciais construídas com GRC, mas o foco está na construção de edifícios comerciais e institucionais.”.

O concreto reforçado com fibra de vidro apresenta inúmeras vantagens, entre elas, as já destacadas, leveza e moldabilidade. Além dessas, podem ser citadas, a alta durabilidade, resistência a carbonatação e penetração de cloretos, entre outras. Apesar de o mercado estar pronto para integrar esta nova tecnologia, mesmo que em nichos específicos, isso ocorre somente de forma muito pontual. Isto acontece, segundo Barth, por que “A indústria da construção civil tarda em adotar tecnologias usadas em outras indústrias. Esse setor brasileiro tarda também em adotar técnicas utilizadas em outros países. Experiências com usos inapropriados de técnicas ou produtos podem gerar imagem negativa que dificultam sua difusão. Entretanto, se o produto tem qualidade e durabilidade com custos competitivos, a tendência, ainda que lentamente, é de sua consolidação no mercado.”.

Vefago destaca alguns pontos que considera importante quanto às dificuldades de consolidação do uso do GRC. “O primeiro ponto é relativo aos custos anteriormente citados. O segundo refere-se ao ônus da prova, ou seja, tecnologias inovadoras precisam passar por vários ensaios para provar que estão aptas a entrar no mercado com requisitos e critérios de desempenho que satisfaçam as normas. Isto leva tempo e muitas vezes a durabilidade é questão chave na aceitação de um determinado produto. A durabilidade vem com o passar dos anos o que gera um pouco de dificuldade para a implantação de um novo sistema construtivo.”.

Para que novos métodos, em especial o GRC, sejam mais estudados, desenvolvidos e passem a fazer parte do dia-a-dia das obras, Oliveira destaca que é essencial a “Formação e capacitação de recursos humanos, notadamente no processo de projeto e o desenho de peças de fixação, enrijecedores e no tratamento das interfaces com os demais elementos da edificação. Formação e capacitação de recursos humanos também para pesquisas contínuas das propriedades do material, comportamento do material frente a grandes amplitudes térmicas e em climas úmidos, durabilidade, métodos de cálculo e experimentação. Para outros

materiais como o concreto armado, por exemplo, não há fronteiras para o aprofundamento dos estudos acerca das suas propriedades, comportamento, durabilidade etc. Esse raciocínio também pode ser aplicado à inovação permanente de outros materiais de construção.”.

Para que novos métodos sejam absorvidos pelo mercado dois pontos são importantes para Vefago. “Um ponto é a inovação tecnológica para diminuir os custos associados a produção dos insumos e a fabricação dos painéis. O outro ponto é levar o conhecimento desta tecnologia aos projetistas sobre as vantagens e desvantagens do sistema.”.

Para Barth, “As empresas interessadas na fabricação e uso destes produtos podem investir na difusão dos produtos de GRC em feiras, associações (ABCIC, ASBEA, CBIC, etc.), assim como promover curso em universidades e instituições de ensino técnico.”.

6.2 SEGUNDA ETAPA

Na segunda etapa de coleta de dados para realização do trabalho foram feitas duas visitas técnicas. A primeira, realizada à sede da empresa Siscobras e a segunda, a uma das obras da empresa. Na visita à fábrica foi possível acompanhar o processo de fabricação de painéis em GRC e, na obra, a montagem das unidades que utilizam os mesmos. Nos itens a seguir a segunda fase da pesquisa será mais bem detalhada.

6.2.1 Siscobras Sistemas Construtivos do Brasil SA

A empresa Siscobras Sistemas Construtivos do Brasil SA, localizada em Ivoti/RS, município da região metropolitana de Porto Alegre atua no segmento das construções industrializadas e modulares com sua produção voltada a obras como: unidades penitenciárias, educacionais, de hotelaria, de segurança, de saúde, entre outras (figura 18).

A matriz da empresa possui 11.000 m² construídos numa área de 50 hectares e está em fase final de construção de uma nova fábrica de 10.000 m², ampliando sua capacidade de produção de módulos construtivos. A empresa conta com uma filial, de 30.000 m², na cidade de Pojuca, Bahia. Desde 2000, se dedica a construção de penitenciárias, possuindo mais de 90 unidades concluídas em diversos estados.

Figura 18 – (a) filial Siscobras em Pojuca, Bahia e (b) protótipo de sala de aula



(fonte: SISCOBRAS, 2015)

Em 2002, a Siscobras foi responsável pela construção do Prédio de Odontologia da Ulbra em Canoas e, em 2004 da construção do prédio de estacionamento da mesma universidade. As

duas edificações aparecem como exemplos de utilização de painéis de GRC na revisão bibliográfica deste trabalho.

As soluções construtivas fabricadas pela empresa recebem o nome de Fastflex, Siscopen e Panelflex. Todas as soluções utilizam de alguma forma o GRC em sua composição.

Siscopen é um módulo industrializado, utilizado em penitenciárias, executado em concreto branco auto adensável de alta resistência, cerca de 80 MPa. O GRC é utilizado, principalmente, na confecção do mobiliário de dentro das celas. Nos móveis são utilizados painéis sanduíche, com espessura final em torno de 60 mm. O GRC dispensa a posterior pintura além de não disponibilizar nenhum artefato que possa ser utilizado como arma pelo detento, uma vez que não são utilizadas barras de aço. Outra vantagem da utilização do GRC dentro das celas é que ele, por também utilizar concreto branco de alta resistência, reduz a proliferação de microrganismos uma vez que esse tipo de concreto tem como característica baixa porosidade.

Panelflex é outro produto oferecido pela Siscobras que consiste em pranchas de GRC de 15 mm fabricadas pelo método de pré-mistura, que podem ser utilizadas em diversas composições.

O sistema de módulos industrializados mais comercializado pela empresa, juntamente com o Siscopen, é o Fastflex. Ao contrário do primeiro, voltado para construção de penitenciárias, este último visa atender os demais mercados como escolas, centros comerciais, hotéis, entre outros.

As paredes são constituídas por painel sanduíche, caracterizado por possuir duas camadas e um núcleo isolante em seu interior. A camada interna é constituída por um painel de revestimento e gesso acartonado. Na camada externa, a qual constituirá a fachada, é utilizado o GRC. Entre essas duas camadas, lã de rocha para isolamento térmico e acústico. Para sustentação da estrutura são utilizados perfis e encaixes em aço galvanizado (figura 19).

Figura 19 – (a) face interna do painel sanduíche e (b) face externa do painel sanduíche



(fonte: SISCOBRAS, 2015)

Os módulos padrões fabricados pela empresa possuem dimensão de 3 x 6 m e 3 x 7 m possibilitando diversas combinações e permitindo fazer adaptações em cada caso. A empresa também trabalha com módulos em tamanhos especiais atendendo todo tipo de necessidade. As obras que utilizam estas unidades modulares possuem limitação de altura, não podendo ultrapassar quatro pavimentos.

O sistema Fastflex tem a grande vantagem de sair praticamente pronto de fábrica, restando para o canteiro, somente a montagem. Cerca de 90% da obra é feita na fábrica, incluindo as passagens para tubulações elétricas e hidráulicas. Por este motivo, os sistemas modulares industrializados estão, cada vez mais, ganhando mercado antes ocupado pelas construções tradicionais.

Soluções eficientes e ágeis como os sistemas modulares impulsionam o mercado das “obras à jato” em um mundo em que “tempo é dinheiro”. Muito procurado para atender à demanda de obras que necessitam ficar prontas em tempo reduzido, como por exemplo, obras escolares, este sistema, apesar de rápido, não deixa a desejar no quesito qualidade. Porém, qualidade e rapidez têm um preço o que torna este sistema mais caro se comparado aos demais métodos construtivos.

Outras vantagens podem ser citadas como a facilidade de expansão ou redução. Como a obra é composta por vários módulos, os mesmos podem ser removidos ou adicionados quando for conveniente ao proprietário. Quando os painéis que compõem as unidades forem de GRC,

como no caso do Fastflex, há vantagens adicionais como a não necessidade de pintura da fachada, minimizando os custos com manutenção da mesma.

6.2.1.1 Processo de fabricação de painéis em GRC

A empresa Siscobras fabrica diversos tipos de painéis em GRC que são utilizados na montagem de seus módulos construtivos. Na visita realizada à fábrica foi possível acompanhar o processo de produção dos painéis usados na composição das unidades. Como não foi permitido uso de máquinas fotográficas na linha de produção as fotos a seguir, que ilustram algumas etapas do processo produtivo da empresa, foram retiradas da internet.

Os insumos utilizados na fabricação do GRC são, na grande maioria, importados. Basicamente cinco matérias primas são utilizadas: cimento branco estrutural de alta resistência, areia seca e lavada, aditivo metacaulim e fibras de vidro AR resistente aos álcalis do cimento. A lavagem da areia reduz o teor de partículas finas o que permite obter um maior controle da razão água/cimento e o aditivo é um material pozolânico que garante à mistura uma boa consistência para projeção. A reação água/cimento utilizada varia de 0,30 a 0,31 e em dias mais quentes utiliza-se uma relação de 0,32.

Os painéis de até 2 m² são fabricados utilizando o método da pré-mistura, que consiste na mistura dos materiais que compõem a matriz cimentícia e, em seguida, incorpora-se as fibras de vidro. Em painéis de até 30 m² o método utilizado é o da projeção direta, onde a argamassa e as fibras entram em contato somente no molde. Neste processo é utilizada uma pistola de projeção que, simultaneamente, lança a argamassa e corta as fibras lançando-as para junto da matriz. Uma das dificuldades relatadas pelo engenheiro é a de que, constantemente, ocorre o entupimento da pistola e o processo de produção acaba sendo interrompido até seja feita a manutenção da mesma.

O processo de projeção da argamassa e fibras é feito por laminação. Primeiro, uma camada de aproximadamente 1 mm de argamassa é lançada, esta não contém fibra de vidro garantindo uma superfície externa lisa. Em seguida outras camadas, contendo as fibras, são adicionadas. Essas camadas possuem uma espessura de, mais ou menos, 3 mm e, após serem lançadas, devem ser compactadas com rolos metálicos para retirada do ar incorporado evitando vazios na estrutura (figura 20).

No processo de laminação deve-se tomar cuidado com o tempo decorrido entre cada aplicação. A camada anterior não pode endurecer antes que a seguinte seja aplicada para evitar que ocorra o desprendimento das mesmas. A espessura final dos painéis varia entre 10 e 12 mm.

Figura 20 – compactação após processo de laminação



(fonte: ESTÁGIO SUPERVISIONADO EM OBRA-UFRGS, 2013)

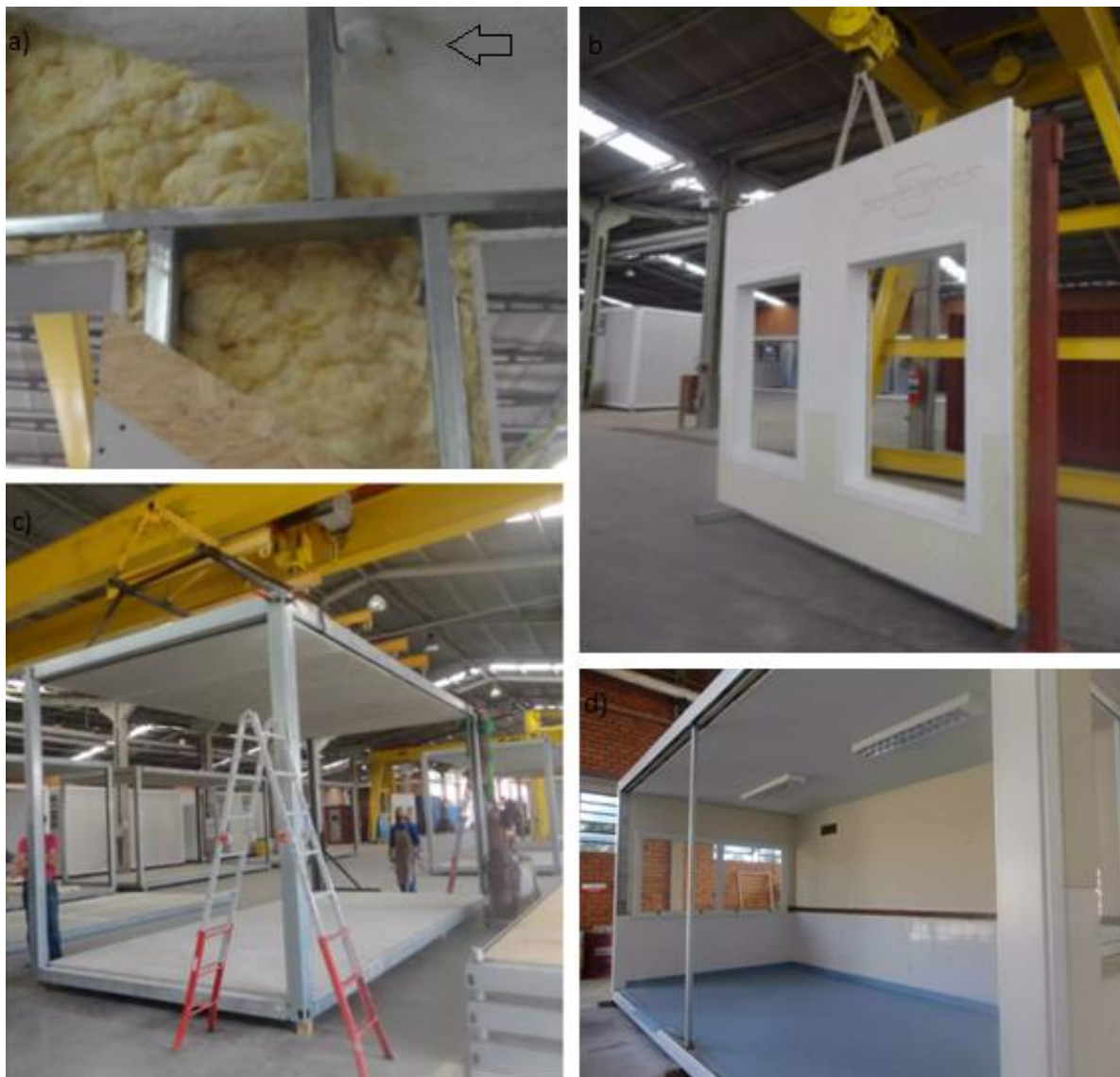
No processo de fabricação ganchos são presos aos painéis com o próprio GRC (figura 21a), eles servem para fixar a estrutura metálica responsável pela sustentação das paredes. Quando prontas (figura 21b), as paredes também possuem ganchos com o intuito de facilitar o içamento e o transporte. As formas já contêm todos os detalhes e os vãos aonde, posteriormente, irão as esquadrias.

Os painéis prontos pesam em torno de 250 a 300 kg. São normalmente retos e não apresentam muitos detalhes, porém, o engenheiro gerente de processos que acompanhou a visita ressalta que inúmeras são as formas que esse material pode adquirir dependendo da exigência e necessidade do cliente. A própria empresa produz desde painéis e telhados até mobiliário como camas, pias e vasos sanitários, utilizando o mesmo compósito. Além disso, pigmentos também podem ser adicionados obtendo cores mais homogêneas resultado do uso do cimento branco.

Este tipo de painel produzido pela empresa para o sistema Fastflex recebe o nome de *stud frame* e é caracterizado por possuir uma estrutura metálica de sustentação o que permitiu aumentar o tamanho das peças além de possibilitar, com a criação da cavidade interna, a passagem de tubulações e o uso de isolamento térmico e acústico.

A espessura final da parede é de 22 cm. As esquadrias utilizadas são de PVC e as unidades podem receber qualquer tipo de revestimento de acordo com a vontade do cliente (figura 21d).

Figura 21 – (a) gancho para fixação da estrutura metálica (b) painel pronto (c) montagem da unidade (d) unidade pronta



(fonte: adaptado de ESTÁGIO SUPERVISIONADO EM OBRA-UFRGS, 2013)

A empresa visitada é responsável por todas as etapas, desde o projeto, fabricação e execução da obra. A segunda visita técnica foi realizada a uma das obras da empresa onde foi possível acompanhar a montagem dos módulos construtivos. Mais adiante esta visita será mais bem detalhada.

6.2.2 Entrevista Segunda Etapa

Durante a visita realizada à fábrica foi possível conversar com o Engenheiro gerente de processos Silvio Brescovit e, posteriormente, foi enviado a ele, por e-mail, um questionário com as perguntas da segunda etapa. As perguntas foram pensadas levando em consideração alguns assuntos abordados na primeira rodada de entrevistas bem como alguns tópicos mais técnicos referentes à produção dos painéis.

A empresa produz monoblocos utilizando painéis tipo *stud frame* com camada exterior em GRC além de outros produtos que também utilizam este material. O tempo de fabricação de um monobloco, segundo Brescovit, depende de inúmeros fatores como o número de pessoas envolvidas no processo, se o módulo é simples ou complexos como, por exemplo, banheiros, que demoram mais que monoblocos simples vazios. Para fins acadêmicos pode-se considerar 80 horas homem por monobloco podendo apresentar variações. Neste tempo não é contabilizada a cura entre os painéis, pois, no mesmo momento em que há o aguardo da cura em uma série de produtos outras etapas estão sendo executadas em outros módulos diferentes assim, o tempo de espera se dissolve no todo trabalhado em atividades paralelas e, uma vez iniciado o processo elas não afetam mais a produção gerando uma quantidade de produção diária contínua.

Para produção de painéis em GRC, a infraestrutura necessária de acordo com Brescovit é: máquinas de projeção *spray up*, argamassadeira de alta rotação com capacidade de 50 litros, pontes rolantes ou similar para saque, transporte e abastecimento da máquina de projeção; silo para guardar cimento e areia com correias transportadoras; dosador de água e aditivo; varais para estoque de painéis; pescadoras metálicas para saque, transporte e movimentação de painéis; serralheria para fabricação de dispositivos para saque, conectores e bastidores metálicos no caso de painéis *stud frame*; setor de controle de qualidade para acompanhamento da produção e realização de ensaios e dinamômetros para auxílio no momento de saque e pesagem dos painéis.

Para Sílvio, a grande dificuldade na produção dos painéis em GRC é o fato dela ser mais complexa se comparada à produção de concreto convencional. Há a necessidade de se ter “[...] uma equipe bem treinada, controle das dosagens, acompanhamento do dia a dia para garantir os teores de fibra, argamassa, compactação e spray de projeção. O clima da região

também atrapalha bastante, pois, em dias muito quentes a argamassa seca muito rápido e em dias muito frios é bem difícil projeção na vertical”.

A variação de temperaturas médias, na região sul do país, vai de 12°C a 21°C impondo dificuldades na produção dos painéis em GRC, uma vez que a temperatura tem grande influência no tempo de endurecimento do concreto. Equipes bem treinadas são necessárias uma vez que o processo de produção é mais complexo e exige rígido controle da dosagem de materiais. A maioria dos painéis são produzidos pelo processo de laminação e apresentam sucessivas camadas de até 3mm que devem ser, uma a uma, compactadas para evitar vazios na estrutura que pode ocasionar diminuição da resistência final do painel. Assim, é imprescindível dispor de uma mão de obra qualificada e de um contínuo controle de qualidade.

Outra dificuldade citada na primeira rodada de entrevistas quanto à produção de painéis foi o fato de que os insumos utilizados são, na sua grande maioria, importados. Nesta questão, Brescovit afirma que ele não chamaria esta dificuldade de desvantagem do método, pois todas as tecnologias possuem suas peculiaridades e com o GRC não é diferente. Todavia, ele apresenta alguns fatores importantes a considerar que podem inviabilizar sua produção. Estes fatores são:

- Os materiais (alguns importados e os que não são importados possuem um único fornecedor) devem sim ser considerados quando se escolhe esta tecnologia. Há muitas dificuldades em desenvolver fornecedores e em alguns casos não há opção de escolha;
- Conhecer os equipamentos que são específicos e de difícil aquisição (principalmente os de projeção *spray-up*) e a manutenção do mesmo é uma tarefa bem importante. O GRC é uma tecnologia que apesar de ser um salto importante no caminho da industrialização da construção ainda é um processo um pouco artesanal (*spray-up* e *premix*, existem outros métodos que são mais industrializados), e sem as máquinas não se produz GRC, por isso elas são fundamentais;
- Possuir uma equipe técnica com conhecimento em fôrmas, equipamentos e principalmente na tecnologia GRC pode viabilizar ou inviabilizar a produção de GRC;
- Falta de bibliografia vasta da tecnologia também é um ponto a se considerar.

Outro impedimento enfrentado na fabricação do GRC é o fato de que, apesar do material apresentar grande versatilidade de geometrias, esta característica não é muito explorada. Brescovit destaca que a grande dificuldade neste caso é “A falta de conhecimento e de projetos, não se tem um conhecimento muito apurado de projetos em painéis de GRC. Sabe-se que se deve respeitar um espaçamento entre bastidores de aço, espessuras mínimas e máximas, mas sempre recorremos à ajuda externa da Espanha muitas vezes. Outro fator importante é o custo das fôrmas, pois quando se variam formas é necessário trabalhar com fôrmas, e isso muitas vezes é caro e ninguém quer pagar por isso, e as fôrmas devem ser boas, pois a peça vai copiar a fôrma em 100% de suas características.”.

O aumento do custo de produção ao utilizar moldes mais sofisticados e com maior detalhamento foi citado também na primeira rodada de entrevistas. A inserção de um maior número de detalhes nos painéis se torna inviável visto que o sistema em si já é mais custoso que os tradicionais encontrados no mercado e um maior detalhamento o tornaria ainda mais caro. Para amenizar este problema a solução seria a produção em maior escala, porém, o sistema de painéis em GRC ainda é pouco conhecido e a produção em larga escala necessita que o sistema esteja consolidado no mercado o que pode demorar muitos anos para acontecer.

Duas desvantagens apontadas, na primeira fase de entrevistas, que fazem com que os painéis em GRC sejam pouco utilizados são: a incerteza quanto à durabilidade do GRC na forma de painéis e a falta de um mercado de reposição/manutenção dos mesmos visto que são pouquíssimas as empresas que fabricam este material no país. A Siscobras atua neste nicho de mercado a cerca de 10 anos e uma das questões levantadas na entrevista com o gerente Brecovit foi se a empresa realiza algum acompanhamento ou levantamento de falhas ou reclamações quanto a problemas posteriores à entrega das obras. Brescovit relata que no caso de painéis de fachada não houve, por parte dos clientes, nenhum tipo de reclamação referente a patologias e durabilidade nos painéis das obras já entregues. O engenheiro afirma ainda que isto se deve muito ao rígido e contínuo controle de qualidade na execução dos painéis na fábrica.

Em contrapartida, houve reclamação de um cliente quanto à tonalidade final do painel que não apresentava coloração branca como quando se utiliza pintura, mas sim, branco com algumas variações. Neste caso, foi realizada a pintura dos painéis mesmo não sendo recomendada visto

que os painéis geralmente apresentam uma boa tonalidade o que gera uma redução de custos com a manutenção das fachadas.

Em comparação com os tradicionais pré-fabricados de concreto armado, o custo dos painéis produzidos em GRC é maior. De acordo com Brescovit o custo direto é maior, pois são consumidos, em grandes quantidades, insumos importados, principalmente o cimento branco de alta resistência e a fibra de vidro AR. Porém, comparando-se os custos indiretos é difícil realizar essa comparação uma vez que o sistema monobloco sai da fábrica acabado e uma vez definida a forma é só repetir e reproduzir o mesmo painel o número de vezes necessárias. Já nas obras tradicionais nem sempre é realizada uma avaliação correta dos custos uma vez que não são contabilizados retrabalhos, erros de execução, resíduos, não execução conforme o projeto, vícios causadores de patologias, não atendimento a normas dentre outros.

Um ponto importante levantado por Brescovit e que pode influenciar na tomada de decisão na hora de optar pelo GRC é o custo das fundações. O GRC é bem mais leve que o sistema convencional, aproximadamente 30kg/m² mais o peso do revestimento interno aliviando assim, consideravelmente, as cargas nas fundações, chegando a apresentar uma diferença de até 80% se comparado a uma fachada executada em alvenaria.

Outro ponto importante para Brescovit é o desconhecimento do sistema. Ao optar por ou outro sistema construtivo, o profissional toma a decisão com base nos sistemas que, teoricamente, são dominados por ele. O GRC é de domínio de poucos profissionais sendo assim, não faz parte da grande maioria das tomadas de decisões.

Além da redução significativa de carga sobre as fundações o GRC apresenta inúmeras outras vantagens. Para Brescovit, as principais são:

- Feito de minerais não inflamáveis. Não queima, não propaga a chama;
- Leveza e esbeltez (12 a 80 kg/m²);
- Reduz a carga sobre a estrutura da obra;
- Permite mais liberdade de design;
- Proporciona excelentes acabamentos;
- Pode ser moldado em praticamente qualquer forma;

- Diminui o número de patologias, redução de fissuras pela presença da fibra;
- Baixo fator a/c e controle das dosagens;
- Grande produtividade e controle de produção;
- Construções secas, não existe necessidade de curas em obra após montagens;
- Não gera resíduos *in loco*, resíduo é controlado na fábrica.

Apesar das inúmeras vantagens apresentadas por este compósito ele ainda é desconhecido por grande parte dos profissionais e o uso do mesmo ainda é muito restrito a obras comerciais. A empresa visitada, Siscobras Sistemas Construtivos do Brasil SA, tem sua produção voltada exclusivamente ao mercado de obras comerciais. Brescovit ressalta que a empresa já foi procurada para produzir painéis de GRC para obras residenciais e alguns estudos foram feitos, mas atualmente, o foco da empresa é outro e o mercado residencial não se mostra atrativo uma vez o mesmo não aceita pagar um custo mais elevado pelos painéis em GRC. Desta forma, a empresa, investe e divulga seus produtos no setor de construções comerciais buscando seus clientes neste nicho de mercado.

Brescovit acredita que haverá, futuramente, uma ampliação de horizontes de mercado uma vez que a mão de obra esta muito escassa e as construções chamadas “secas” irão prosperar.

Para Brescovit, as grandes dificuldades encontradas na inserção destes novos produtos no mercado, tanto residencial quanto comercial, se deve à falta de conhecimentos e avaliação deste sistema por parte dos profissionais responsáveis. O preço figura como um impeditivo e a falta de empresas capacitadas para produzir essa tecnologia também influencia na hora da decisão da escolha do método construtivo. Outros fatores também dificultam a consolidação do uso de painéis em GRC como materiais não abundantes, avaliação dos custos equivocados em algumas situações, falta de profissionais para executar estas obras, a tecnologia empregada que exige conhecimentos específicos e o fato do tijolo ainda ser a tecnologia mais conhecida e difundida.

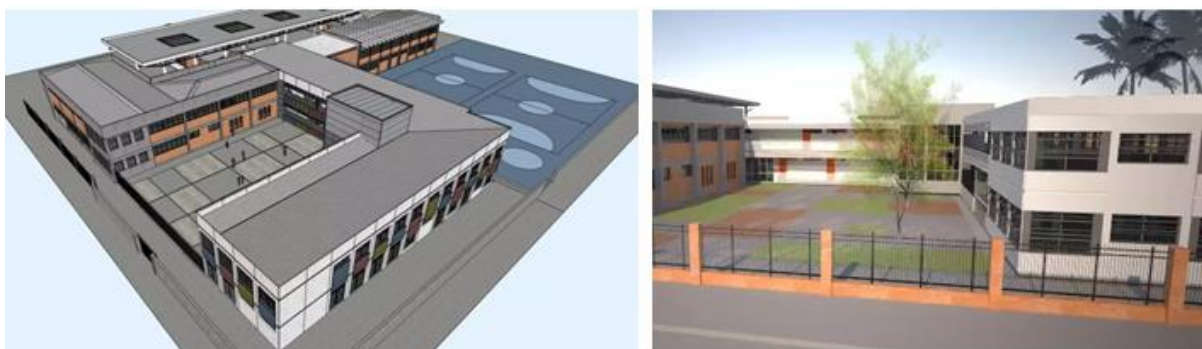
Uma discussão pertinente a ser feita é se a realidade da empresa realizada reflete a realidade brasileira. Uma vez que existem pouquíssimas empresas que produzem GRC no Brasil a Siscobras pode sim ser considerada um estudo de caso que reflete às condições do mercado de GRC no Brasil.

6.2.3 Obra de Ampliação Colégio La Salle Niterói

Depois da visita à fábrica, onde foi possível acompanhar a produção dos painéis de GRC que compõem os módulos construtivos foi realizada uma segunda visita, desta vez a uma das obras da empresa, onde foi possível observar a montagem das unidades e identificar quais os principais benefícios e as principais dificuldades encontradas no canteiro de obra.

A obra consiste na ampliação do Colégio La Salle no bairro Niterói do município de Canoas, região metropolitana de Porto Alegre (figura 22). A obra, de dois pavimentos, será toda construída utilizando o sistema Fastflex de painéis *stud frame* com camada exterior em GRC. São 1700 m² de ampliação onde serão utilizados 64 módulos padrões de 3 x 6 m e 3 x 7 m e 3,5 m de altura criando espaço para mais de 500 alunos. A platibanda também será toda em GRC.

Figura 22 – ampliação Colégio La Salle Niterói



(fonte: SISCOBRAS, 2015)

A montagem dos módulos, também chamados monoblocos, teve início em 31 de agosto de 2015 e o final está previsto para 06 de novembro de 2015. Serão cerca de 60 dias para finalização de toda montagem, prazo muito reduzido se comparado a uma obra convencional que demoraria mais de um ano.

Foram utilizadas sapatas na fundação da maior parte da obra, somente na parte onde se localiza a escada foram executadas estacas, pois a mesma é metálica e o reservatório se localiza acima dela aumentando as cargas sobre a fundação. O fechamento do vão entre a fundação e os módulos é feito de blocos tradicionais de concreto facilitando o acesso às tubulações em caso de necessidade de manutenção.

Os monoblocos são transportados em caminhões rebaixados em virtude da altura máxima permitida nas vias urbanas. Assim que chegam, são descarregados e aguardam o içamento e posicionamento no local definido em projeto. O içamento é facilitado pelas alças deixadas ainda em fábrica e é feito por quatro pontos mantendo assim a estabilidade e evitando que ocorram danos aos módulos. Antes do posicionamento do monobloco sempre é realizado o aterramento do mesmo. São montadas cerca de 8 unidades por dia.

Figura 23 – a) tubulações hidráulicas b) aterramento c) início do içamento d) módulo sendo posicionado



(fonte: foto da autora)

O engenheiro Jeferson Viriato, responsável pela execução da obra, ressalta que um ponto importante é o alinhamento dos módulos, principalmente quando a construção tem mais de um nível. A distância máxima entre os monoblocos não pode ultrapassar 3,1 cm sendo que deste valor 1 cm é deixado para ajuste. Esse alinhamento deve sempre ser mantido para possibilitar a soldagem (figura 24a). Entre duas unidades existem 3 pontos de solda nas laterais e 5 pontos nas faces inferior e superior. Após a soldagem, é executado o enchimento

da parte onde ocorreu a solda. No interior da unidade o enchimento é feito com argamassa e recebe uma peça de gesso acartonado por cima. No exterior da unidade, as juntas entre os painéis de GRC são preenchidas com silicone (figura 24 b e c).

Figura 24 – a) ponto de solda b) e c) juntas na fachada preenchidas com silicone



(fonte: foto da autora)

Depois das soldagens e enchimento das juntas é executado o revestimento das paredes internas e por último, a colocação do piso. A orientação é que a fachada não seja pintada uma

vez que o GRC faz uso de concreto branco que já apresenta uma boa tonalidade assim, os gastos com a posterior manutenção da pintura são evitados.

Outra consideração feita pelo engenheiro é de que é imprescindível que, em obras de dois ou mais pavimentos, a execução do telhado acompanhe a montagem dos módulos, caso contrário, ocorre entrada de água na unidade de baixo. A obra visitada vem sofrendo com este problema em razão do atraso da entrega de projetos por parte do calculista.

Na ocasião da visita, em conversa com o engenheiro Jeferson, foi possível levantar quais as principais vantagens e dificuldades encontradas no canteiro de obra quando da utilização do método Fastflex de módulos construtivos. Para Jeferson, este sistema conta com uma boa aceitação por parte do público muito por conta do rígido controle de qualidade a que está submetido em todas as etapas de produção dentro da fábrica. Indagado de por que este método ainda é muito voltado para obras comerciais Jeferson afirma que o elevado custo, de aproximadamente R\$ 3.000,00/ m² construído, é o grande impeditivo que faz com que o produto não se consolide no mercado de obras residenciais. Ao utilizar materiais de primeira qualidade como porcelanatos, esquadrias de PVC e lã de rocha para isolamento térmico e acústico, o valor do produto se torna demasiado caro e fora de alcance para a grande maioria dos consumidores.

O engenheiro consultado Jeferson Viriato trabalha com esse tipo de obra modular a aproximadamente um ano e, segundo ele, a maior dificuldade enfrentada diariamente no canteiro é a questão de projeto. Sistemas e materiais novos requerem muita pesquisa uma vez que geram muitos detalhes desconhecidos criando assim uma necessidade de se desenvolver novas habilidades que possam lidar com essas situações.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo principal a sistematização de informações acerca das características e processo de produção dos painéis em GRC e compreensão dos principais motivos da pouca utilização deste sistema no mercado nacional. O desenvolvimento da pesquisa se deu por meio de modelagem de informações colhidas através de revisão bibliográfica, entrevistas qualitativas com especialistas e conhecedores do sistema e realização de visitas técnicas onde foi possível observar o ambiente de produção tanto na fábrica quanto no canteiro de obras.

A partir da revisão bibliográfica realizada pode-se constatar a falta de pesquisas brasileiras sobre GRC. Essa escassez de pesquisas e publicações na área resulta em uma bibliografia nacional limitada obrigando os interessados a recorrer à ajuda externa já que, em vários outros países, a tecnologia do concreto reforçado com fibra de vidro é bastante conhecida e difundida. A falta de pesquisas contínuas a respeito das características do material frente a diferentes situações bem como um conjunto de normas específicas para normatização de cada etapa, desde especificação até montagem, se torna uma das muitas barreiras a serem superadas para difusão do método. Como destacou Oliveira, “Para outros materiais como o concreto armado, por exemplo, não há fronteiras para o aprofundamento dos estudos acerca das suas propriedades, comportamento, durabilidade, etc. Esse raciocínio também pode ser aplicado à inovação permanente de outros materiais de construção.”.

Várias foram as vantagens citadas, ao longo do trabalho, advindas do uso de painéis e produtos em GRC. A leveza dos painéis que facilita o manuseio, transporte e montagem além de reduzir as cargas sobre as fundações, a facilidade de obtenção das mais variadas formas com excelentes acabamentos, boa aceitação por parte do usuário, boa resistência, entre outras. Dentre as diversas vantagens, vale ressaltar a rapidez na execução de obras que utilizam sistemas pré-fabricados, no caso deste trabalho, unidades construtivas executadas com painéis *stud frame*. Na obra visitada a montagem de todos os monoblocos ocorreu em cerca de 50 dias, totalizando uma área de 1700 m². Produtividade esta que jamais seria alcançada utilizando métodos tradicionais de produção. Além da rapidez na execução de obras, a diminuição de resíduos também foi um aspecto levantado pelos entrevistados. O uso de

sistemas industrializados, como os painéis em GRC, não gera resíduos *in loco* uma vez que a geração dos mesmos é controlada dentro da fábrica.

Outro aspecto pertinente quanto ao uso de painéis pré-fabricados de GRC é o rígido controle de qualidade ao qual são submetidos os painéis durante todo o processo de fabricação dentro da indústria. Todas as etapas passam por inspeção de qualidade e os produtos são liberados, somente após a aprovação, para a etapa seguinte. Ao final do processo obtêm-se painéis de extrema qualidade prontos para montagem. O contínuo controle de qualidade evita assim posterior retrabalho que possa vir a ocorrer nas obras, como acontece constantemente nas construções tradicionais.

Como destacou Brescovit na entrevista, se comparado aos tradicionais pré-fabricados de concreto, o custo direto do sistema de painéis em GRC é maior, devido ao uso intenso de diversos insumos importados, como a fibra de vidro AR. Porém, é difícil mensurar o custo indireto visto que a comparação é feita entre um produto acabado e um sistema convencional onde nem sempre a avaliação dos custos é feita de forma correta uma vez que não são contabilizados retrabalhos, erros de execução, resíduos, vícios causadores de patologias, não atendimento a normas e a não execução conforme projeto.

Devido a este custo direto superior, o mercado dos painéis em GRC ainda é muito restrito a obras comerciais. Construções residenciais ainda são resistentes à inserção deste novo método, pois consideram o preço dos painéis muito elevado. Entretanto, este custo maior acaba se dissolvendo em um menor tempo de execução da obra e em diversas outras vantagens. Desta forma, ao escolher um sistema construtivo, custos diretos e indiretos devem ser levados em consideração além do leque de possibilidades abertas por que cada método.

Diversas são as dificuldades encontradas para inserção de painéis industrializados de GRC no mercado nacional como as já citadas, falta de pesquisas nacionais e custo superior devido utilização de matéria prima importada. Outra questão, levantada por Barth, é a de que a indústria da construção civil brasileira tarda em adotar tecnologias usadas em outros países. Além de que experiências com usos inapropriados de técnicas, podem gerar imagem negativa dificultando a inserção de novos produtos no cenário nacional. O ônus da prova, citado por Vefago, também é um ponto a ser considerado. Tecnologias inovadoras precisam passar por vários ensaios para provar que estão aptas para entrar no mercado com requisitos e critérios de desempenho capazes de satisfazer as normas. As normas que tratam de GRC no Brasil foram

publicadas em 2005 e são referentes somente a ensaios de consistência da matriz, teor de fibras, medição da resistência e determinação da absorção de água.

Oliveira destaca ainda que há diversas incertezas quanto à durabilidade do GRC aplicado na forma de painéis e também, que a falta de um mercado de manutenção e reposição dos mesmos é uma das limitações para consolidação do método visto que, empreendimentos que visam reduzir os riscos dificilmente optam por um método que ainda apresenta inúmeras indefinições. Vefago também afirma que “[...] muitas vezes a durabilidade é questão chave na aceitação de um determinado produto. A durabilidade vem com o passar dos anos o que gera um pouco de dificuldade para a implantação de um novo sistema construtivo.”.

O mercado brasileiro está pronto para incorporar esta e outras novas tecnologias. Como destacou Barth, “O mercado da construção de edifícios é dinâmico com mecanismos de desenvolvimento e regulação que se fundamentam na relação entre custos e benefícios, oferta e demanda de produtos e serviços.”. Entretanto, para que novos métodos como o GRC sejam incorporados ao mercado há, em um primeiro momento, a necessidade de desenvolvimento de pesquisas contínuas sobre o material e a formação e capacitação de recursos humanos uma vez que a tecnologia GRC exige conhecimentos específicos além de que, a inovação tecnológica também pode ajudar a reduzir os custos associados à fabricação dos painéis.

Como todo produto novo, ao ser inserido no mercado, o mesmo necessita de divulgação. A divulgação do GRC em feiras, associações, universidades e instituições de ensino técnico são essenciais visto que, como destaca Brescovit, o desconhecido influencia na tomada de decisão. Profissionais tendem a escolher sistemas construtivos que são de seu domínio, uma vez que o GRC é pouco conhecido e divulgado se torna difícil a escolha por este sistema.

Por fim, inserir um sistema inovador no mercado não é tarefa fácil, o mesmo necessita passar por diversas etapas até ser aceito. Deve-se conhecer as características do produto, investir em tecnologia, infraestrutura e mão de obra qualificada, conhecer o perfil do consumidor, investir em divulgação, entre outros. Soluções inovadoras são sempre recebidas com desconfiança. Produtos que são consagrados em outros países nem sempre se encaixam às necessidades do nosso país, assim sendo, pesquisas são necessárias para adaptá-los à nossa realidade. Entretanto, como destaca Barth, “se o produto tem qualidade e durabilidade com custos competitivos, a tendência, ainda que lentamente, é de sua consolidação no mercado.”.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15306-1**: produtos pré-fabricados de materiais cimentícios reforçados com fibra de vidro — método de ensaio parte 1: medição da consistência da matriz. Rio de Janeiro, 2005a.
- _____. **NBR 15305**: produtos pré-fabricados de materiais cimentícios reforçados com fibra de vidro — procedimentos para controle de produção. Rio de Janeiro, 2005b.
- _____. **NBR 15306-4**: produtos pré-fabricados de materiais cimentícios reforçados com fibra de vidro — método de ensaio parte 4: medição da resistência à flexão — método “ensaio simplificado de flexão”. Rio de Janeiro, 2005c.
- BARTH, F.; VEFAGO, L. H. M. **Tecnologia de fachadas pré-fabricadas**. Florianópolis: Letras Contemporâneas, 2007.
- ESTÁGIO SUPERVISIONADO EM OBRA-UFRGS. Módulos industrializados: sistema Fast Flex . Porto Alegre, 2013. Disponível em < <http://www.ufrgs.br/eso/content/?p=1296>>. Acesso em 27 outubro 2015.
- FERNANDES, J. L. R. **Tratamento de juntas em painéis de GRC**. 2008. 88 f. Relatório do projeto. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) — Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2008.
- GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. F. **Métodos de pesquisa**. 1 ed. Porto Alegre: Editora da Ufrgs, 2009.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.
- KOTLER, P. **Administração de marketing**. 10 ed. São Paulo: Prentice Hall, 200.
- LAMEIRAS, R. M. **Contribuição ao estudo das propriedades dos materiais cimentícios reforçados com fibras de vidro (glass fibre reinforced cement — GRC)**. 2007. 249 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) — Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.
- MINAYO, M. C. S. **Pesquisa social teoria método e criatividade**. Petropolis: Vozes, 2001.
- MOURA, A.; SÁ, M. V. V.A. Influência da racionalização e industrialização na construção sustentável. **Revista Tecnologia & Informação**, ano1, n.1, p. 64-77, nov. 2012 – fev. 2013.
- NEVES, J. L. **Pesquisa qualitativa — características, usos e possibilidades**. Caderno de pesquisas em administração, São Paulo, v.1, n.3, 1996.
- NOVAES, M. V.; MOURÃO, C. A. M. A. **Manual de gestão ambiental de resíduos sólidos na construção civil**. Fortaleza: Cooperativa da Construção Civil do Estado do Ceará, 2008.
- OLIVEIRA, C. T. A.; OLIVEIRA, L. A. Painel de GFRC para fachadas de edifícios. **Téchne**, São Paulo, ano 12, n. 90, p. 54-57, set. 2004.

- OLIVEIRA, L. A. **Metodologia para desenvolvimento de projeto de fachadas leves**. 2009. 267 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.
- RIBEIRO, J. L. D.; MILAN, G. S. **Entrevistas individuais: teoria e aplicações**. FEENG/UFRGS, 2007.
- RIBEIRO, S. R. **A industrialização como requisito para a racionalização da construção**. 2002. 33 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.
- SELLTIZ, Cleire et al. **Métodos de pesquisa nas relações sociais**. São Paulo: Herder, 1967.
- SILVA, L. F. **Painéis pré-fabricados reforçados com fibra de vidro**. 2008. 74 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2008.
- SILVA, V. G.; JOHN, V. M. **Painéis em Cimento Reforçado com Fibras de Vidro (GRC)**. São Paulo: EPUSP, 1998. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP PPC n. 228.
- SILVEIRA, D. F.; CÓRDOVA, F. P. **A pesquisa científica**. In: GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. F. (org). **Métodos de pesquisa**. 1 ed. Porto Alegre: Editora da Ufrgs, 2009.
- VALLES, M. S. **Técnicas cualitativas de investigación social reflexión metodológica y práctica profesional**. Madrid Sintesis sociología, 1999.
- VEFAGO, L. M. **Fachadas pré-fabricadas em argamassa reforçada com fibra de vidro em três estudos de caso na grande Porto Alegre**. 2006. 193 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

APÊNDICE A – Questionários Primeira Etapa

QUESTIONÁRIO PRIMEIRA ETAPA

Entrevistado: Prof^a Dra. Cláudia Terezinha de Andrade Oliveira

1 — Há quanto tempo você conhece o compósito GRC?

Tomei contato com o GRC há, aproximadamente, 21 anos, no curso de mestrado, em disciplinas sobre materiais reforçados com fibras para a construção civil.

Mas naquela época o meu foco de estudo era o GRG (glassfiber reinforced gypsum) aplicado ao desenvolvimento de componentes de vedação vertical interna para edificações residenciais. Usávamos fibras de vidro tipo E para o reforço do gesso.

2 — Quais as principais vantagens do GRC? Qual dessas vantagens você destacaria como principal?

O material tem características importantes tais como a maior resistência à tração na flexão, ao impacto e maior tenacidade, quando comparado a argamassas de bases cimentícia sem reforço de fibras.

Disso decorre a possibilidade de produção de painéis de vedação de menor espessura, mais leves com benefícios para a produção e montagem em obra, quando comparados a painéis de concreto, por exemplo.

O desempenho do painel, como de praxe, está associado ao seu desenho, às formas de fixação à estrutura do edifício e suas interfaces com outros elementos construtivos.

Assim, todas as propriedades do material são importantes para o desempenho final do componente e do sistema de vedação.

Considerando que o componente é o resultado da mistura de cimento, areia, vidro, pequenas dosagens de aditivos, o material é passível de reciclagem, ou seja, poderia ser considerado resíduo inerte. Ou não? Os vínculos metálicos também poderiam ser reciclados, desde que viabilizada a dissociação dos mesmos da base de GRC.

3 — Quais as principais desvantagens que fazem com que o GRC seja pouco utilizado?

Não sei como está o preço das fibras AR, mas essa é uma das desvantagens sempre apontada pelos fabricantes. Não há muita diversidade de fornecedores da fibra AR. A incerteza quanto à durabilidade do material aplicado na forma de painéis, e também a falta de estruturação de um mercado de reposição (na etapa de manutenção dos painéis) são limitações para empreendimentos que visam reduzir os riscos.

4 — Se fosse mais empregado na construção civil brasileira, quais os principais mudanças que o GRC provocaria?

Não consigo formular imediatamente um cenário realista de mudanças com o uso mais intenso do GRC. Mas como toda tecnologia, por natureza racionalizada, cujo uso ainda não foi consagrado pela prática, o uso mais intensivo do GRC traria expectativas de redução de resíduos, maior racionalidade da produção, variedade de formas e texturas.

O GRC oferece facilidade de moldagem de geometrias e superfícies complexas. Julgo essa uma das aplicações mais vantajosas dos painéis de GRC.

O uso do GRC na produção daqueles banheiros prontos que eram produzidos pela Pavi do Brasil, na minha opinião, também é uma boa opção de emprego do material. Mas eu desconheço as razões pelas quais não são mais produzidos, ou o são em pequena escala.

O uso do GRC para a produção de componentes do sistema de fôrmas para concreto moldado in loco. Esses componentes ficam incorporados à estrutura de concreto. Talvez nesse caso, não haja necessidade do uso de fibras AR. São algumas ideias

5 — Do ponto de vista do usuário, você acredita que a utilização de painéis em GRC seria bem aceito?

Acredito que sim, mas a questão crítica para o usuário é a manutenção do sistema de vedação com painéis de GRC, como já apontei anteriormente.

6 — Os painéis de GRC utilizados em fachadas são, em sua grande maioria, lisos apesar do GRC apresentar grande versatilidade de geometrias. por que essa característica ainda não é muito explorada?

Falta investimento em desenho e em projeto de detalhes que dependem do conhecimento mais profundo do material, dos meios de produção e das técnicas de instalação.

7 — Quais os detalhes construtivos que poderiam ser mais utilizados na fabricação dos painéis de GRC?

Fixação e juntas e interfaces com outros elementos construtivos de fachada. Além disso, o desenvolvimento de novas formas e geometrias dos stud frames, valendo-se do atual estágio de domínio da tecnologia de corte e dobra de chapas metálicas por meio de processos comandados por controle numérico.

8 — Você acha que o mercado brasileiro esta pronto para incorporar esta “nova” tecnologia?

Sim, mas depende da região e do porte da obra. Como eu já disse, se não há mercado de reposição (mdo, insumos e equipamentos) ao alcance do usuário, as incertezas são inúmeras.

9 — Por que, apesar de todas as vantagens, o mercado brasileiro ainda não incorporou este sistema?

Não respondida.

10 — O que deve ser feito para que novos métodos construtivos, como a utilização de painéis pré-fabricados e utilização do GRC em outras aplicações, sejam incorporados ao mercado brasileiro?

Formação e capacitação de recursos humanos, notadamente no processo de projeto e o desenho de peças de fixação, enrijecedores e no tratamento das interfaces com os demais elementos da edificação.

Formação e capacitação de recursos humanos também para pesquisas contínuas das propriedades do material, comportamento do material frente a grandes amplitudes térmicas e em climas úmidos, durabilidade, métodos de cálculo e experimentação. Para outros materiais como o concreto armado, por exemplo, não há fronteiras para o aprofundamento dos estudos

acerca das suas propriedades, comportamento, durabilidade etc. Esse raciocínio também pode ser aplicado à inovação permanente de outros materiais de construção.

QUESTIONÁRIO PRIMEIRA ETAPA

Entrevistado: Prof. Dr. Fernando Barth

1 – Há quanto tempo você conhece o compósito GRC? *Desde 1993.*

2 – Quais as principais vantagens do GRC? Qual dessas vantagens você destacaria como principal? *Moldabilidade e leveza.*

3 – Quais as principais desvantagens que fazem com que o GRC seja pouco utilizado?

Custo elevado pela importação da fibra de vidro resistente aos álcalis.

4 – Se fosse mais empregado na construção civil brasileira, quais os principais mudanças que o GRC provocaria?

Diversidade de produtos cimentícios e fachadas com maior destaque nos edifícios.

5 – Do ponto de vista do usuário, você acredita que a utilização de painéis em GRC seria bem aceito?

Sim, por ter características similares aos painéis de concreto que são mais aceitos.

6 – Os painéis de GRC utilizados em fachadas são, em sua grande maioria, lisos apesar do GRC apresentar grande versatilidade de geometrias. por que essa característica ainda não é muito explorada?

Painéis com geometrias mais complexas exigem moldes mais sofisticados que podem elevar os custos de produção, porém a escala de produção pode amenizar esse problema.

7 – Quais os detalhes construtivos que poderiam ser mais utilizados na fabricação dos painéis de GRC?

Fixação dos painéis de fachada com guias de retenção do tipo Halfen podem contribuir para facilitar a montagem e aumentar controle dimensional de juntas.

8 — Você acha que o mercado brasileiro esta pronto para incorporar esta “nova” tecnologia?

O mercado da construção de edifícios é dinâmico com mecanismos de desenvolvimento e regulação que se fundamentam na relação entre custos e benéficos, oferta e demanda de produtos e serviços. A tecnologia do Glass Reinforced Concrete tem nichos específicos no mercado internacional dos concretos especiais.

9 — Por que, apesar de todas as vantagens, o mercado brasileiro ainda não incorporou este sistema?

A indústria da construção civil tarda em adotar tecnologias usadas em outras indústrias. Esse setor brasileiro tarda também em adotar técnicas utilizadas em outros países. Experiências com usos inapropriados de técnicas ou produtos podem gerar imagem negativa que dificultam sua difusão. Entretanto, se o produto tem qualidade e durabilidade com custos competitivos, a tendência, ainda que lentamente, é de sua consolidação no mercado.

10 — O que deve ser feito para que novos métodos construtivos, como a utilização de painéis pré-fabricados e utilização do GRC em outras aplicações, sejam incorporados ao mercado brasileiro?

As empresas interessadas na fabricação e uso destes produtos podem investir na difusão dos produtos de GRC em feiras, associações(ABCIC, ASBEA, CBIC, etc), assim como promover curso em universidades e instituições de ensino técnico.

QUESTIONÁRIO PRIMEIRA ETAPA

Entrevistado: Dr. Luiz Henrique Maccarini Vefago

1 — Há quanto tempo você conhece o compósito GRC? *Desde 2001.*

2 — Quais as principais vantagens do GRC? Qual dessas vantagens você destacaria como principal?

As principais vantagens são a leveza dos painéis em comparação aos similares em concreto armado e as possibilidades de formas obtidas por este sistema.

3 — Quais as principais desvantagens que fazem com que o GRC seja pouco utilizado?

O custo do sistema, devido aos equipamentos específicos para esta tecnologia e os insumos utilizados.

4 — Se fosse mais empregado na construção civil brasileira, quais os principais mudanças que o GRC provocaria?

A vantagem está justamente em grandes painéis de fachada, então neste caso haveria maior composição arquitetônica das fachadas dos edifícios.

5 — Do ponto de vista do usuário, você acredita que a utilização de painéis em GRC seria bem aceito?

Sim, pois esta tecnologia pré-fabricada possibilita muitas vantagens em relação à construção convencional, como composição e estanqueidade das vedações.

6 — Os painéis de GRC utilizados em fachadas são, em sua grande maioria, lisos apesar do GRC apresentar grande versatilidade de geometrias. por que essa característica ainda não é muito explorada?

Assim como outros sistemas com materiais pré-fabricados, este sistema já é mais custoso que as vedações convencionais. Geometrias mais elaboradas aumentam o custo com moldes e estes moldes muitas vezes são elaborados com materiais mais caros, como o silicone. De outra parte, o índice de repetição dos mesmos faz com que o custo por molde diminua, sendo possível sua viabilidade.

7 — Quais os detalhes construtivos que poderiam ser mais utilizados na fabricação dos painéis de GRC?

No edifício, sem dúvida são os painéis de fachada. Outros detalhes construtivos como painéis de canto também são muito utilizados e fáceis de serem fabricados. Agora, dentro do sistema de fabricação dos painéis, a situação mais crítica são as fixações tanto na desmoldagem quanto da instalação dos mesmos no edifício.

8 — Você acha que o mercado brasileiro esta pronto para incorporar esta “nova” tecnologia?

Pelos aspectos de desempenho sim, porém, os altos custos limitam a utilização do sistema em alguns nichos de mercado. Existem exemplos de fachadas de edifícios residenciais construídas com GRC, mas o foco está na construção de edifícios comerciais e institucionais.

9 — Por que, apesar de todas as vantagens, o mercado brasileiro ainda não incorporou este sistema?

Vejo alguns pontos aqui. O primeiro ponto é relativo aos custos anteriormente citados. O segundo refere-se ao ônus da prova, ou seja, tecnologias inovadoras precisam passar por vários ensaios para provar que estão aptas a entrar no mercado com requisitos e critérios de desempenho que satisfaçam as normas. Isto leva tempo e muitas vezes a durabilidade é questão chave na aceitação de um determinado produto. A durabilidade vem com o passar dos anos o que gera um pouco de dificuldade para a implantação de um novo sistema construtivo.

10 — O que deve ser feito para que novos métodos construtivos, como a utilização de painéis pré-fabricados e utilização do GRC em outras aplicações, sejam incorporados ao mercado brasileiro?

Um ponto é a inovação tecnológica para diminuir os custos associados a produção dos insumos e a fabricação dos painéis. O outro ponto é levar o conhecimento desta tecnologia aos projetistas sobre as vantagens e desvantagens do sistema.

APÊNDICE B — Questionário Segunda Etapa

QUESTIONÁRIO SEGUNDA ETAPA

Entrevistado: Engenheiro Silvio Brescovit

1 — Quais as principais dificuldades encontradas na execução dos painéis e produtos em GRC?

A produção de GRC é um pouco mais complexa do que um concreto convencional, precisa de uma equipe bem treinada, controle das dosagens, acompanhamento do dia a dia para garantir os teores de fibra, argamassa, compactação e spray de projeção;

O clima da nossa região atrapalha bastante, em dias muito quentes a argamassa seca muito rápido e em dias muito frios é bem difícil projeção na vertical.

2 — O GRC apresenta grande versatilidade de geometrias. Quais as dificuldades em se conseguir um maior número de detalhamentos e formas?

A falta de conhecimento e de projetos, não se tem um conhecimento muito apurado de projetos em painéis de GRC, se sabe que deve se respeitar um espaçamento entre bastidores de aço, espessuras mínimas e máximas, mas sempre recorremos a ajuda externa, Espanha muitas vezes, e também na experiência dessas pessoas.

Outro fator importante é o custo das fôrmas, pois quando se variam formas é necessário trabalhar com fôrmas, e isso muitas vezes é caro e ninguém quer pagar por isso, e as fôrmas devem ser boas pois a peça vai copiar a fôrma em 100% de suas características.

3 — Os insumos utilizados, a grande maioria importados, são a grande desvantagem da fabricação de produtos em GRC? Existem outras desvantagens?

Não chamaria de desvantagem, pois todas as tecnologias possuem suas peculiaridades, e o GRC não é diferente, e ele sim tem alguns fatores importantes a considerar que podem inviabilizar sua produção:

Os materiais (alguns importados e os que não são importados possuem um único fornecedor) devem sim ser considerados quando se escolhe por essa tecnologia, nós temos muitas dificuldades em desenvolver fornecedores, e em muitos casos não temos opção de escolha;

Conhecer os equipamentos que são específicos, de difícil aquisição (principalmente os de projeção Spray-up) e manutenção é uma tarefa bem importante, O GRC é uma tecnologia que apesar de ser um salto importante no caminho da industrialização da construção ainda é um processo um pouco artesanal (spray-up e premix, existem outros métodos que são mais industrializados), e sem as máquinas não se produz GRC, e por isso elas são fundamentais;

Possuir uma equipe técnica com conhecimento em fôrmas, equipamentos e principalmente na tecnologia GRC pode viabilizar ou inviabilizar a produção de GRC;

Falta de bibliografia vasta na tecnologia também é um ponto a se considerar.

4 — Na pesquisa inicial que realizei, duas desvantagens apontadas que fazem com que o sistema de painéis seja ainda pouco utilizado são: a incerteza quanto à durabilidade do GRC aplicado na forma de painéis e, a falta de um mercado de reposição/manutenção dos mesmos. A Siscobras, conforme mencionado na visita, já atua no mercado há cerca de 10 anos. Existe algum acompanhamento/levantamento de problemas, falhas ou reclamações nas obras já realizadas pela empresa quanto aos problemas mencionados acima?

Na verdade, os painéis de GRC são pouco utilizados em nossa região, em países Europeus e EUA é uma tecnologia muito difundida e bem conhecida. No nosso caso em painéis de fachada não tivemos ainda problemas com patologias.

O que vejo em nossa situação é que trabalhamos com perfeição em tudo que fizemos, os painéis devem ser perfeitos e isso nunca acontece em nenhum lugar do mundo, acho que isso é a principal barreira para as tecnologias entrarem em nosso país, EX: fizemos uma obra e o cliente queria branco, chegando os painéis não eram brancos (como pintura branca) e sim branco com algumas variações. Moral, tivemos que pintar tudo para ficar 100% branco, e isso em painel é muito difícil por mais controle que se tenha, são muitas variáveis envolvidas, e isso que não entramos nos painéis pigmentados.

Claro o custo também é considerado, principalmente o custo direto, nós não olhamos muito custos indiretos, e também não contabilizamos o que custa uma obra convencional de verdade.

5 — No quesito tecnologia empregada, qual a infraestrutura necessária para produção dos painéis?

- *Máquinas de projeção spray up;*
- *Argamassadeira de alta rotação com capacidade de 150 litros;*
- *Pontes rolantes ou similar para saque, transporte e abastecimento da máquina de projeção;*
- *Silo para guardar de cimento e areia com correias transportadoras;*
- *Dosador de água e aditivo;*
- *Varais para estoque de painéis;*
- *Pescadoras metálicas para saque, transporte e movimentações de painéis;*
- *Uma serralheria para fabricação de dispositivos para saque, conectores e bastidores metálicos no caso de painel stud frame;*
- *Um setor de controle de qualidade para acompanhamento da produção, ensaios.*
- *Dinamômetros para auxílio no momento de saque e pesagem dos painéis;*

6 — Quanto tempo, em média, demora o processo de fabricação de um módulo/unidade completo?

A melhor resposta depende. O porquê dessa resposta:

Número de pessoas que são envolvidas no processo;

O tipo de módulo, se é simples ou complexo, Ex: banheiro demoram bem mais que um monobloco simples vazio sem nenhum detalhe;

Mas para fins acadêmicos pode-se considerar 80 horas homem por monobloco, mas pode ter variações, fiz uma média em função do nosso dia a dia, não contabilizo tempo de cura entre as atividades, painéis pois enquanto estou aguardando a cura de uma etapa estou fazendo a mesma etapa em outro módulo diferente, os tempos de espera se dissolvem no todo

trabalhando em atividades paralelas, e assim uma vez iniciado o processo eles não afetam mais a minha produção e se começa a gerar uma quantidade de produção diária contínua.

7 — Em comparação aos pré-fabricados tradicionais de concreto, o custo da produção dos produtos em GRC é maior? Se sim, qual parte do processo de produção torna este produto mais oneroso?

Sim, o custo direto é maior, o material é caro e são consumidos em grandes quantidades Ex: cimento e fibra de vidro AR e isso vem tudo de fora. Agora olhando os custos indiretos é difícil comparar, pois estamos falando de um produto acabado, uma vez a fôrma definida é só repetir e reproduzir o mesmo painel o número de vezes necessário.

Também o leque de oportunidades aberto com essa tecnologia no sistema convencional fica difícil de executar, o que não se pode mensurar o preço;

O custo das fundações pode influenciar na tomada de decisões, o GRC se torna bem mais leve que o sistema convencional, estamos falando de aprox. 30 kg/m² + o revestimento interno, o que alivia bastante as fundações comparando com uma parede de concreto a diferença pode chegar a 80%, para alvenaria deve ser aproximadamente a esse valor;

No sistema convencional nem sempre se faz uma avaliação correta dos custos, então isso também influencia no final na tomada de decisões, uma vez que não contabilizamos retrabalhos, erros de execução, resíduos, a não qualidade, a não execução do que pedido em projetos, vícios causadores de patologias, o não atendimento a normas... e outros;

O desconhecimento também nos influencia na tomada de decisões, se um profissional tiver que escolher, geralmente a escolha se dá sobre temas que teoricamente é dominado por este profissional, e o GRC é de domínio de poucas pessoas.

8 — Qual a principal dificuldade encontrada na inserção destes produtos no mercado?

Falta de conhecimento e avaliação por parte dos profissionais, e depois disso o preço;

Também, a falta de empresas capacitadas para produzir essa tecnologia influencia bastante;

9 — O mercado de produtos em GRC ainda é muito restrito a obras comerciais? O que falta para que o mercado de obras residenciais incorpore esta tecnologia?

Na verdade, algumas empresas já nos contataram para produzir painéis de GRC para obras residenciais, e alguns estudos foram feitos, mas para nós no momento o foco é outro e o mercado ainda não é muito atrativo, quem quer comprar painel quer pagar pouco para quem produz, e na verdade o lucro deles é esse fazer os outros produzirem e eles controlam e ganham muito mais;

Acredito que isso venha a mudar, pois a mão de obra está muito escassa e as construções chamadas “secas irão prosperar”;

Nas obras comerciais se tem um apelo grande por nossa parte de investimentos em divulgar o produto e buscar clientes nesse nicho de mercado, mas acredito que o sucesso nessa área seja mais pelo esforço da Empresa Siscobras em abrir esses horizontes.

10 — Quais as principais vantagens da utilização dos produtos pré-fabricados em GRC?

Produtos pré-fabricados em GRC ou em outra tecnologia possuem muitas vantagens, mas em se tratando de GRC cito as principais:

- *Feito de minerais e não inflamáveis. Não queima, não propaga a chama;*
- *Leveza e esbeltez (12 a 80 kg/m²);*
- *Reduz a carga sobre a estrutura da obra;*
- *Permite mais liberdade de design;*
- *Proporciona excelentes acabamentos;*
- *Pode ser moldado em praticamente qualquer forma;*
- *Diminui o número de patologias, redução de fissuras pela presença da fibra;*
- *Baixo fator a/c e controle das dosagens;*
- *Grande produtividade e controle de produção;*
- *Construções secas, não existe necessidade de curas em obra após montagens;*

- *Não gera resíduos in loco, resíduo é controlado na fábrica.*

11 — Por que, apesar de todas as vantagens, grande parte mercado brasileiro ainda desconhece este sistema e produtos?

Talvez pelo que já foi citado anteriormente. Mas resumidamente:

- *Falta conhecimento;*
- *Materiais não abundantes;*
- *Avaliação de custos equivocadas em algumas situações;*
- *O tijolo ainda ser a tecnologia mais conhecida e difundida;*
- *Falta de quem execute obras;*
- *A tecnologia exige conhecimentos específicos;*
- *Excesso de mão de obra, fato que ainda nos permite gastar horas em canteiro;*
- *Etc.*