FUNDAÇÃO ESCOLA TÉCNICA LIBERATO SALZANO VIEIRA DA CUNHA

CURSO TÉCNICO DE MECÂNICA

BRUNO JARDEL BUDKE

BRUNO TAVARES BRANDÃO DA ROCHA

INFLUÊNCIA DE PARTÍCULAS DE TELHAS DE FIBROCIMENTO EM MATRIZES POLIMÉRICAS – TERMOPLÁSTICOS E TERMOFIXOS

Orientadora: Lucinara de Souza Linck

Novo Hamburgo

2016

BRUNO JARDEL BUDKE

BRUNO TAVARES BRANDÃO DA ROCHA

INFLUÊNCIA DE PARTÍCULAS DE TELHAS DE FIBROCIMENTO EM MATRIZES POLIMÉRICAS - TERMOPLÁSTICOS E TERMOFIXOS

Plano de pesquisa apresentado ao curso técnico de mecânica da Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha como requisito do Projeto de Integração Disciplinar (PID).

Orientadora: Lucinara de Souza Linck.

Novo Hamburgo, setembro de 2016.

FOLHA DE ASSINATURAS

BRUNO JARDEL BUDKE
BRUNO TAVARES BRANDÃO DA ROCHA

INFLUÊNCIA DE PARTÍCULAS DE TELHAS DE FIBROCIMENTO EM MATRIZES POLIMÉRICAS - TERMOPLÁSTICOS E TERMOFIXOS

FUNDAÇÃO ESCOLA TÉCNICA LIBERATO SALZANO VIEIRA DA CUNHA
CURSO TÉCNICO DE MECÂNICA

Novo Hamburgo, setembro de 2016.

_____

Bruno Jardel Budke
bruno.budke@gmail.com

_____

Bruno Tavares Brandão da Rocha
eubruno97@gmail.com

_____

Lucinara de Souza Linck
Professora Orientadora

RESUMO

A pesquisa teve por objetivo, dando continuidade ao trabalho iniciado no ano passado, verificar as propriedades dos resíduos de telhas de fibrocimento-amianto aplicando partículas da mistura tanto em uma formulação elastomérica quanto em uma formulação termofixa. A ideia de reuso desse resíduo se dá em função dos perigos que o mesmo apresenta aos aterros sanitários com uma aplicação de reaproveitamento, tentando também, solucionar o problema do aterro sanitário utilizado pela empresa Vitec, localizada na cidade de Novo Hamburgo. A hipótese para que se consiga atingir um pico mínimo de propriedades dentro das formulações comentadas, está diretamente ligada à resistência mecânica apresentada pelas telhas de fibrocimento-amianto encontradas hoje no mercado. A metodologia que se utilizou foi baseada, inicialmente, na coleta de resíduos, sendo uma quantidade selecionada junto ao aterro da Vitec e outra quantidade comprada, para que se tenha certeza das porcentagens de cada tipo utilizada. Depois disso, todo material foi transformado em partículas através do processo de moagem, executada na Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos), para que a partir disso, fosse levada aos processos determinados. Primeiramente, foi direcionada a aplicabilidade à produção de elastômeros, misturando as partículas através do processo de mastigação da borracha e então, sendo levada ao processo de vulcanização. Após a conclusão, a amostra do tipo tapete foi levada para análise em um laboratório de ensaios onde foi sujeitada ao ensaio de abrasão resultando na reprovação do mesmo. A aplicação foi então direcionada à produção de termofixos, onde através do processo de mistura das resinas, cargas de reforço e componentes obtiveram-se corpos de prova nas dimensões para execução de ensaios apenas de compressão em função do curto tempo necessário para mais ensaios. Concluiu-se então, através dos ensaios, que houve um ganho representativo de acordo com relatórios, o que por consequência fica claro que uma possível substituição da fibra de vidro, comumente usada, não alteraria os resultados negativamente no quesito compressão.

Palavras-chave: Telhas de fibrocimento-amianto. Elastômeros. Termofixos. Ensaio de compressão.

ABSTRACT

The study aimed, continuing the work started last year, check the properties of waste tiles of cement-asbestos particles by applying the mixture both in an elastomeric formulation as in a thermosetting formulation. The idea of reuse of this waste is a function of the dangers it presents to landfills with an application reuse, trying to also solve the problem of landfill used by Vitec company, located in the city of Novo Hamburgo. The hypothesis that it can achieve a minimum peak properties within commented formulations, is directly linked to the mechanical strength provided by the tiles of cement-asbestos found in the market today. The methodology used was based initially on waste collection, being an amount selected by the landfill Vitec and other quantity purchased, in order to make sure of the percentages of each type used. After that, all the material has been transformed into particles through the milling process, performed at Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos), so that from there, were taken to certain processes. First, obligatory was directed to the production of elastomers by mixing the particles through the rubber mastication process and then being brought to the curing process. After completion, the sample pad type was taken for analysis in a test laboratory where it was subjected to the abrasion test resulting in failure of the same. The application is then directed to the production of thermosets, where by mixing the resins, fillers and reinforcing components were obtained specimens in the dimensions to perform only compression test due to the short time required for further testing. In conclusion then, through testing, that there was a representative gain according to reports, it is therefore clear that a possible replacement of glass fiber, commonly used do not adversely alter the results in the compression regard.

Keywords: Tiles of cement-asbestos. Elastomers. Thermosets. Compression test.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Materiais utilizados na produção de borracha.....16

Figura 2 – Execução dos cortes “bambolês”.....18

Figura 3 – Borracha crua com partículas de fibrocimento expostas.....19

Figura 4 – Tapete vulcanizado e borracha antes da vulcanização.....19

Figura 5 – Borracha 100% sílica e a nova formulação.....20

Figura 6 – Moldes dos corpos de prova em processo de fabricação.....21

Figura 7 – Moldes preenchidos com resinas compostas.....23

Figura 8 – Corpos de prova desenformados.....23

Figura 9 – Gráfico Força X Deformação – composição 100% fibra de vidro.....29

Figura 10 – Gráfico Força X Deformação – composição 70% fibra de vidro e 30% partículas de telha.....30

Figura 11 – Gráfico Força X Deformação – composição 50% fibra de vidro e 50% partículas de telha.....30

Figura 12 – Gráfico Força X Deformação – composição 30% de fibra de vidro e 70% de partículas de telha.....31

Figura 13 – Gráfico Força X Deformação – composição 100% partículas de telha.....32

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Formulação A - 50% da carga de reforço - 250g.....17

Quadro 2 – Composição dos corpos de prova.....22

Quadro 3 – Medições dos corpos de prova com 100% de fibra de vidro.....25

Quadro 4 – Medições dos corpos de prova com 70% de fibra de vidro e 30% de partículas de telha.....25

Quadro 5 – Medições dos corpos de prova com 50% de fibra de vidro e 50% de partículas de telha.....26

Quadro 6 – Medições dos corpos de prova com 30% de fibra de vidro e 70% de partículas de telha.....26

Quadro 7 – Medições dos corpos de prova com 100% de partículas de telha.....27

Quadro 8 – Gastos com a formulação elastomérica.....28

Quadro 9 – Gastos com a formulação termofixa.....28

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....8

1.1 Tema.....8

1.2 Justificativa.....8

1.3 Problema.....9

1.4 Hipótese.....9

1.5 Objetivos.....9

1.5.1 Objetivo geral.....9

1.5.2 Objetivos específicos.....10

2 REFERENCIAL TEÓRICO.....11

2.1 Elastômeros.....11

2.2 Termofixos.....12

3 METODOLOGIA.....15

3.1 Processo de moagem.....15

3.2 Mistura em borracha.....15

3.3 Mistura em PRFV.....20

3.4 Análise de dados.....24

3.5 Recursos.....28

3.6 Análise dos resultados.....29

4 ANÁLISE DE RISCO.....33

5 CONCLUSÃO.....35

REFERÊNCIAS.....36

1 INTRODUÇÃO

1.1 Tema

Desenvolvimento de duas misturas, uma termofixa e outra elastomérica, com substituição de uma das cargas existentes hoje, a fibra de vidro (no termofixo) e sílica (no elastômero), por pó de telhas de fibrocimento, com enfoque no reaproveitamento de material atualmente não reciclável.

1.2 Justificativa

Segundo o *site* da Eternit (2008), hoje em dia, não existe qualquer tipo de finalidade no quesito reciclagem para as telhas de fibrocimento, ou seja, esse resíduo está a se acumular nos aterros sanitários. Sabe-se que, nesse resíduo, encontram-se as telhas com adição de amianto, um componente cancerígeno que pode afetar a saúde das pessoas devido ao manuseio incorreto do material.

As telhas devem ser descartadas em um local apropriado para resíduos perigosos, separados de outros materiais para evitar, assim, a contaminação do lixo descartado. Nas cidades de Porto Alegre, Sapucaia do Sul e Novo Hamburgo, atualmente, algumas empresas têm descartado seus resíduos de telhas junto a outros materiais no que podemos chamar de aterro em valas.

De acordo com dados atuais, existe grande quantidade do resíduo encontrada nos aterros, por exemplo, segundo Alceu Olmiro Albrescht, diretor de uma das empresas que recolhem o material em Novo Hamburgo, mensalmente são acumulados em torno de 60 metros cúbicos de telha. Levando em consideração tais dados, eles refletem a realidade da necessidade de um meio de reaproveitar o material. Manter tais quantidades de um material que pode provocar doenças é no mínimo imprudência, propor uma solução se faz necessário, obviamente. Medidas para evitar o risco da contaminação seriam de extrema importância tanto para o meio ambiente como para a saúde dos seres humanos.

1.3 Problema

Segundo dados do grupo Eternit (2008), telhas possuem composições diferentes hoje em dia. Como exemplo, as telhas fabricadas há 50 anos possuíam quantidades maiores e espécies mais agressivas de amianto, como o anfibólio; as produzidas a partir de 2001 apresentam apenas 10% de amianto em uma espécie menos agressiva, o crisotila, em alguns casos, pois existem as telhas que não dependem mais do amianto, pois substituíram este por fibras sintéticas. A partir desse fato, seria possível manter um nível de oscilação consideravelmente pequena sem que afetasse uma formulação termofixa e uma elastomérica e a fizesse perder características fixas?

1.4 Hipótese

Devido à alta resistência que todos os tipos de telha apresentam, independentemente de suas diferentes composições, existe a possibilidade da incorporação das partículas de telha modificar as propriedades das novas formulações e ainda acrescentar propriedades de reforço mecânico.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo geral

Desenvolver duas formulações, uma termofixa e uma elastomérica que seja capaz de integrar resíduos da telha de fibrocimento, concedendo um fim ao resíduo e uma mistura com propriedades novas, podendo tanto ser positivas quanto negativas.

1.5.2 Objetivos específicos

- Reutilizar telhas de fibrocimento, como forma de prevenir a contaminação do solo nos lixões, o que coloca também em risco a saúde de quem mantém contato com o pó;
- Desenvolver uma sequência de moagem que seja capaz de nos dar a matéria prima desejada;
- Desenvolver uma formulação termofixa e uma elastomérica como meio de substituir um ingrediente na formulação convencional.
- Reaproveitar o resíduo que, hoje, está em desuso.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Elastômeros

Segundo a Norma ISO 1382:1996 - Rubber Vocabulary:

> Os elastômeros são um material macromolecular que recupera rapidamente a sua forma e dimensões iniciais, depois de cessar a aplicação de uma carga de tensão. A borracha é um elastômero que já está ou pode ser modificado para um estado no qual é essencialmente insolúvel, se bem que susceptível de aumentar de volume num solvente em ebulição, tal como benzeno, metiletilcetona e etanol-tolueno azeotrópico, e que, no seu estado modificado, não pode ser reprocessado para uma forma permanente por aplicação de calor e pressão moderadas (HOFFMAN, 1989, p.23).

Borracha é o nome usual dado aos elastômeros como forma de simplificação de dados.

Segundo a empresa Mapa Expondex:

> “O emprego da borracha é muito amplo, pois as características e propriedades que os elastômeros reúnem fazem com que alcancem praticamente todos os setores da economia: automobilístico, calçadista, construção civil, plásticos, materiais hospitalares e outros também de grande importância no dia-dia da sociedade.” (MAPA EXPONDEX, 2016).

Quanto à resina termofixa, a aplicabilidade do PRFV (Plástico Reforçado com Fibra de Vidro) vai desde a elevada resistência mecânica à alta durabilidade em esforços como abrasão, corrosão além de possuírem peso muito inferior a materiais com propriedades similares (aço, ferro fundido e concreto), dado da empresa PetrOfisa (2016). Isso acrescentaria em abrangência das áreas que poderiam se beneficiar de um sucesso de pesquisa. Além do mais, a borracha ou a resina termofixa poderiam aceitar, teoricamente, uma carga de insumo de pó de telhas de fibrocimento. Caso a pó de telha ofereça também alguma propriedade adicional, poderá ser considerada carga de reforço das formulações em questão.

Os procedimentos químicos que serão empregados, na formulação de borracha, são a mistura e a vulcanização. A mistura é onde, acrescidos os aditivos, trabalha a borracha até uma composição uniforme, com a completa diluição dos ingredientes. Normalmente, em uma mistura, é feito adição de: elastômeros, que é o

polímero que servirá de aglutinante para as demais substâncias e sofrerá a ação da vulcanização; os agentes de vulcanização são as substâncias responsáveis pela formação das ligações cruzadas entre as cadeias do polímero; aceleradores são as substâncias que aceleram a vulcanização; ativadores de aceleradores e retardadores, que potencializam a ação dos aceleradores; agentes antienvelhecimento, que protegem das ações deteriorantes de certos agentes; auxiliares de processamento, são produtos que ajudam a incorporação da carga e dos outros componentes na operação de mistura, diminuem a fricção na calandragem e extrusão e amenizam assim o problema da pré-vulcanização; cargas de reforço e resinas, agentes que adicionam propriedades desejadas à mistura; cargas inertes e diluentes, são materiais de baixo preço que podem ser adicionados na mistura para baratear seu custo; pigmentos e corantes, podem também ser adicionados para que se obtenha uma coloração desejada; materiais especiais, a incorporação de um odorante à mistura é um exemplo.

Vulcanização é o processo, envolvendo alta temperatura e alta pressão, pelo qual passa a borracha logo após a mistura, passando da forma crua para a forma elástica. É o procedimento responsável por introduzir pontes (ligações primárias) entre as cadeias do elastômero. O processo pode transformar uma massa termoplástica sem propriedades mecânicas úteis em um elastômero, um produto elástico, forte e tenaz. É graças à vulcanização que a borracha adquire uma gama de propriedades mecânicas, o que a torna útil para diversos fins.

2.2 Termofixos

As Resinas Poliéster são compostos orgânicos que derivam do petróleo passando do estado líquido para o gasoso através da polimerização. Poliéster significa muitos ésteres, indicando que seu peso molecular é bastante alto.

O termo insaturado indica que contém insaturação em toda a composição, que geralmente vem pelo ácido ou anidrido. Resinas com essa característica, possuem capacidade de serem líquidas e após um estimulo sofrem o processo de cura tornando-se termoestável. As duplas ligações em sua cadeia molecular também estão relacionadas ao termo. Após quebrar essas duplas através de um catalisador, elas reagirão novamente formando simples e duplas ligações resultando em um

produto termofixo. As Resinas Poliéster Insaturadas podem ou não utilizar reforços, como a fibra de vidro, se reforçadas podem funcionar otimamente como plástico de engenharia, com boa resistência mecânica a ponto de substituir aço, ferro e concreto.

As Resinas Poliéster Insaturadas Ortoftálicas são as mais comuns, pois apesar de ter propriedades mecânicas inferiores às demais, seu uso é generalizado e seu custo menor. As aplicações mais frequentes dessa resina encontram-se nos setores de laminação, telhas, cascos de embarcações, carenagens de automóveis e afins.

Gel Coats são resinas contendo pigmentos, cargas e agentes tixotrópicos. Suas funções são: proteger o laminado contra a ação das intempéries, conferir acabamento colorido, liso e brilhante à superfície da peça e servir de base para aplicação de pinturas. Podem ser isoftálicos ou ortoftálicos.

A produção da resina termofixa é de extrema versatilidade, podendo ser moldada em variadas geometrias de acordo com a aplicação. Existem três processos de fabricação que são amplamente utilizados: *Hand Lay-Up*, onde as fibras são colocadas manualmente sobre o molde e imediatamente embebidas em resina catalisada e acelerada; *Spray-Up*, onde temos uma variação sofisticada do processo citado anteriormente, pois as fibras e a resina são aplicadas simultaneamente através de deposição à pistola; e o *Filament Winding,* exclusivamente reservado à produção de tubos, onde os fios de fibra de vidro são enrolados sobre o molde e em seguida embebidos com a resina através de deposição à pistola ou por gravidade. Para que a resina adquira suas propriedades mecânicas é necessário passar por um processo de polimerização ou cura.

De acordo com um trecho da palestra sobre Poliéster Insaturado de Waldomiro S. Moreira e Orlando Galdino da Silva da Resana, foi possível coletar os seguintes dados:

> Basicamente a polimerização ou cura é a transformação do estado líquido para o sólido; de forma irreversível, trata-se de uma reação de adição que se processa sem liberação de materiais voláteis, este processo de interligação das duplas ligações do monômero é iniciado pelo mecanismo de desativação do inibidor e formação de radicais que envolvem mais abertura das duplas ligações resultando um polímero termofixo, com liberação de calor (MOREIRA e RESANA, 1987).

Após a adição do catalisador, a polimerização não ocorre de forma instantânea, passando por uma inalteração que vai de 5 a 15 minutos. Ao fim desta fase, onde começa a apresentar uma consistência gelatinosa, inicia-se a reação de solidificação, na qual se desenvolve muito calor. Na solidificação, o estireno, que é um componente da resina, cria pontes com o poliéster, tornando o material muito mais resistente.

De acordo com o Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama (2004), trecho que tomou como base o Relatório do integrante Bruno Tavares Brandão da Rocha (2015), todo e qualquer tipo de material que envolva o amianto é classificado como resíduo perigoso e deve ser descartado junto a outros materiais perigosos, em aterros especializados. Através de um dado fornecido pelo site da Eternit (2010), os amiantos são classificados em crisotila e anfibólio. O crisotila é o único usado no Brasil atualmente por agredir menos o meio ambiente e a saúde das pessoas, mas sem a eliminação dos riscos. Em sua composição, existem altas concentrações de magnésio, juntamente de fibras curvas e sedosas. Já o amianto anfibólio é proibido, atualmente, na maior parte do mundo pois é composto de grandes concentrações de ferro, além de fibras duras, retas e pontiagudas.

Trecho também extraído do Relatório do integrante Bruno Tavares Brandão da Rocha que dispõe das seguintes informações:

> Segundo o presidente da Eternit, Elio A. Martins (2011), 8% da telha é composta por amianto crisotila, sendo os outros 92% composta de cimento *portland*, calcário, celulose vegetal e água com ênfase no cimento com cerca de 80% da composição total. O executivo garante que as normas de segurança são seguidas a risco garantindo, assim, a segurança dos trabalhadores que não obtém contato com o amianto devido aos processos tecnológicos e mecânicos. Ao se analisar a composição das telhas Brasilit, disponibilizado pelo próprio *site* da Brasilit (2013), as telhas derivam da composição entre o cimento *portland*, celulose vegetal, carbonato de cálcio e fios de reforço de polipropileno (PP), tendo porcentagens muito semelhantes as das telhas da Eternit, com 80% de cimento, reforço de polipropileno inferior à 10%, dividindo o restante entre os outros elementos.
>
> Em média, uma empresa da cidade de Novo Hamburgo, que corresponde a cerca de um terço do serviço prestado ao município, coleta em torno de 60 metros cúbicos de telhas de fibrocimento segundo o Sr. Alceu Olmiro Albrestch (2015), diretor da empresa (ALBRESTCH, 2015).

3 METODOLOGIA

3.1 Processo de moagem

Para o andamento do projeto era necessária a produção de uma matéria prima, algo que pudesse ser usado em formulações tanto de borracha quanto de PRFV. Foi obtido no ano passado, a partir do projeto de continuidade, como resultado de múltiplos processos de moagem. Passou, inicialmente, pelo moinho de facas e o resultado disto foi refinado no moinho de rolos, ambos na Universidade do Vale do Rio dos Sinos. Ao fim destes, o material já em granulometria pequena, foi peneirado com auxílio de uma peneira elétrica na granulometria 0,18 μm para garantir um tamanho padrão dos grãos que seriam usados no desenvolver da pesquisa. O resultado disto são as partículas de telha que foram usadas para todos os testes em formulações.

3.2 Mistura em Borracha

Em primeira instância, com intuito de aumentar o referencial teórico, foram integradas à pesquisa, aulas do curso técnico de química (noturno), onde a partir disso, foi possível seguir instruções de métodos e meios para a correta produção da borracha, desde a mistura até a vulcanização.

Em seguida, para verificar a possibilidade de incorporação das partículas de telha, foram realizados os testes em uma formulação de borracha convencional, por meio da mistura em calandra (cilindro) laboratorial, sob supervisão da orientadora. Para preparação da produção, do corte da borracha até a mistura, utilizou-se:

- Borracha SBR 1506 – elastômero;
- Ácido esteárico – ativador;
- Óxido de zinco – ativador;
- Naugard Q – antioxidante;
- Sílica – carga de reforço;
- Partículas de telha;
- PEG (Polietileno Glicol) – auxiliar de processo para sílica;

- MBTS (Dibenzotiazil Disulfeto) - acelerador;
- TMTD (Tetramethylthiuram Disulfide) - acelerador;
- Enxofre – agente de vulcanização;
- Pigmento Azul.

Figura 1 - Materiais utilizados na produção de borracha

Fonte: Os autores (2016).

Para começar, foi efetuada a mastigação e a mistura, com um processo simples de mastigação da borracha virgem, por meio da passagem desta pelos cilindros diversas vezes, por cerca de 7 minutos. Com uma adição lenta de insumos e constante mastigação como meio de mistura, a estearina (ácido esteárico) foi incorporada. Em seguida, foi adicionado à mistura o ZnO (óxido de zinco), por cerca de 3 minutos. Seguida desta operação, foi incorporado pelo mesmo modo os antioxidantes, e isto é feito por aproximadamente 3 minutos. Feito isto, ¾ da massa total das cargas foram adicionadas gradualmente, e é aqui que as partículas de telha foram inseridas na mistura, substituindo 50% da tradicional sílica, juntamente do pigmento azul. Incorporou-se à mistura o óleo plastificante PEG e o restante das cargas de forma alternada. Uma nova incorporação foi realizada, desta vez dos aceleradores. Resfriaram-se os cilindros e adicionou-se o enxofre (S), que é o agente vulcanizador principal. O resfriamento é necessário para que não haja pré-vulcanização da borracha enquanto esta ainda está nos cilindros. Para tais adições, seguimos estas medidas, de acordo com o material sobre borrachas da professora orientadora, Lucinara S. Linck (2016):

Quadro 1 - Formulação A - 50% da carga de reforço - 250g

Ingrediente/insumo	**pHR (partes por cem de borracha)**	**g na mistura**
Borracha SBR 1506	100	186
Ácido esteárico	12	3,72
Óxido de Zinco	5	9,3
Naugard Q	1	1,86
Sílica	10	18,6
Pó de telha	10	18,6
PEG	2	3,72
MBTS	1,2	2,23
TMTD	0,3	0,56
S	2	3,72
Pigmento Azul	0,5	0,93
Total	**134**	**250**

Fonte: Os autores (2016).

Nesta formulação, 1pHR vale aproximadamente 1,86g. Os valores em pHR são dados para fornecer as medidas em gramas quando se deseja outras formulações em pesos diferentes. Aplicando o conceito de pHR é possível definir quantas gramas de cada insumo usar, baseado na borracha (100pHR).

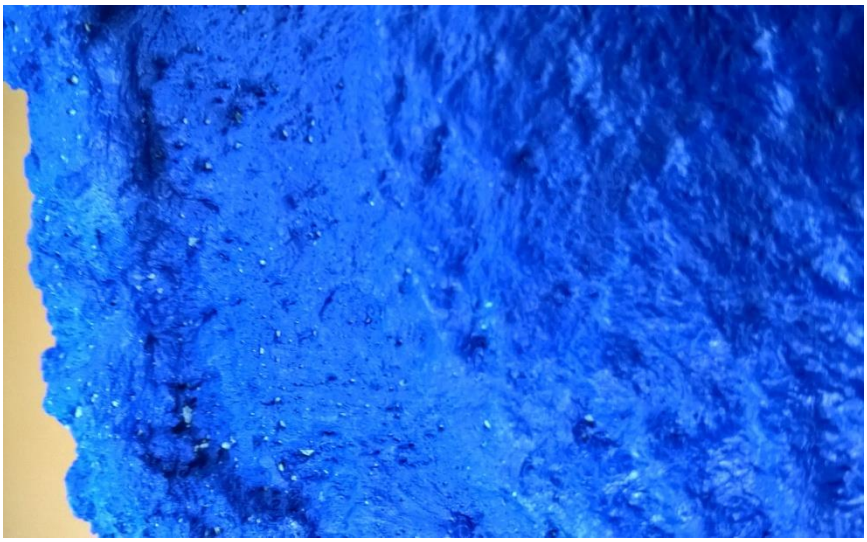
Terminadas as adições, foi refinado o composto fazendo os chamados “bambolês”, que compõem uma técnica de corte, visando homogeneizar a massa.

Figura 2 - Execução dos cortes “bambolês”

Fonte: Os autores (2016).

Passou-se a mistura de borracha pelos cilindros, executando uma gradual abertura dos mesmos, até 6 mm de afastamento. Retirada a massa crua dos cilindros, foi possível observar sua aparência. Observou-se que parte das partículas de telha não haviam se integrado. Inicialmente, a dedução, juntamente à orientadora, foi de ser normal, uma vez que os maiores grãos estavam no extremo do material.

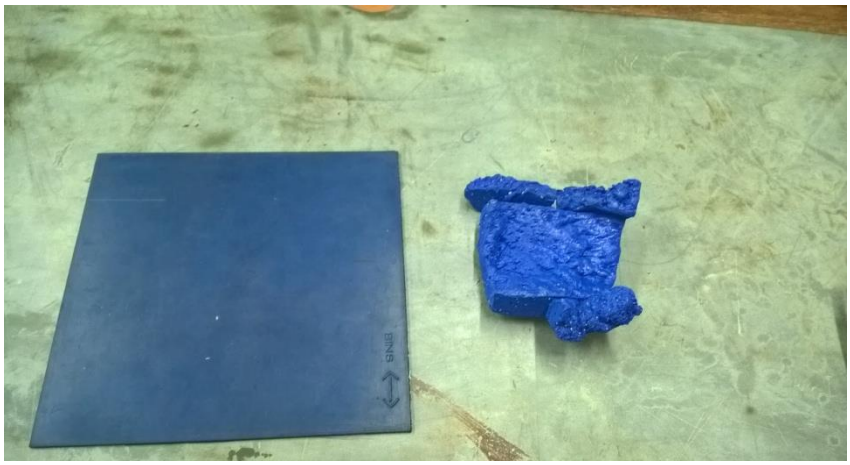
Figura 3 - Borracha crua com partículas de fibrocimento expostas



Fonte: Os autores (2016).

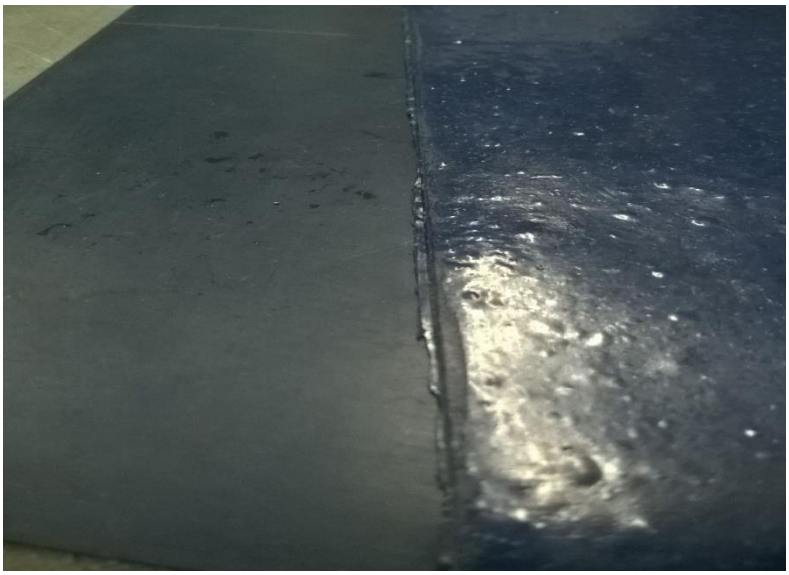
Posterior à análise visual, são realizados os cortes e a inserção de seus pedaços nos moldes onde foi realizada a vulcanização. Feito isso, os moldes foram inseridos na prensa hidráulica, segunda máquina utilizada nesta preparação de corpos de prova, e o composto sofreu ação de alta pressão e calor, para ocorrer a vulcanização das peças, por um tempo pré-determinado, que gira em torno de 9 minutos. Depois de vulcanizada, na prensa hidráulica, as rebarbas da peça foram retiradas logo após o resfriamento rápido, assim ela estava pronta para o teste de abrasão.

Figura 4 - Tapete vulcanizado e borracha antes da vulcanização



Fonte: Os autores (2016).

Figura 5 - Borracha 100% sílica e a nova formulação



Fonte: Os autores (2016).

No entanto, como os resultados já não foram satisfatórios no teste de abrasão, segundo norma ABNT NBR 15190:2005, não se prosseguiu com os demais. Isso se deve ao fato de que o pó de telha não foi bem integrado à mistura.

3.3 Mistura em PRFV

Quando os ensaios e testes na borracha foram interrompidos, iniciou-se a produção dos corpos de prova de resina poliéster para teste. Sua produção, que é mais simples que a da borracha no quesito de ingredientes, apresenta riscos à saúde. Para a proteção de tais riscos, foram usados equipamentos de segurança (luvas e guarda-pó) e toda a mistura foi efetuada em ambiente controlado por exaustores chamado de capela.

Uma vez que a produção se dará para a confecção de corpos de prova para ensaios mecânicos, primeiro foi estimado que todos estivessem feitos e nos formatos ideais do esperado. Para o ensaio de tração, no entanto, não foi possível produzir, visto que era de geometria mais complexa e exigia preparação de moldes em gesso. Como não havia muito tempo, optou-se por não executar este ensaio, pelo menos não nesse momento. Já os moldes para os CP’s do ensaio de compressão, foram feitos a partir de tubos de PVC cortados. Para a produção dos CP’s de compressão, usaremos um conceito aprendido com o professor Pedro

Rafael Naud de Moura. O formato, cilíndrico, é dimensionado em relação ao diâmetro da peça, mantendo a relação:

$$L = 1{,}5 \times Ø$$

L = Comprimento

Ø = Diâmetro

Deste modo, para o tubo adquirido, utilizou-se as medidas de 17mm para o diâmetro e 25,5mm para a altura, de acordo com o diâmetro padrão do cano. Para que o CP saísse com qualidade deveria se adotar um método que deixasse o cano em perfeito paralelismo de faces, de acordo com o exigido pela Máquina Universal de Ensaios. Para tal exigência de precisão geométrica e dimensional, foi utilizado o torno mecânico, sob supervisão de um auxiliar de ensino.

Figura 6 - Moldes dos corpos de prova em processo de fabricação

Fonte: Os autores (2016).

Feitos os ajustes finos, deixando a dimensão um pouco além da estipulada como margem de erro, tinha-se 50 corpos de prova de compressão, para 5 diferentes formulações:

- 100% partículas de telha;
- 70% partículas de telha e 30% fibra de vidro;

- ❖ 50% partículas e 50% fibra;
- ❖ 30% partículas e 70% fibra;
- ❖ 100% fibra de vidro.

Para a realização da produção e vazamento os 50 corpos de prova, foi utilizado um dos laboratórios de química da Fundação Liberato, e contou-se com o auxílio da orientadora da pesquisa.

Quadro 2 – Composições dos corpos de prova

	Gel Coat	**Fibra de vidro (FV)**	**Partículas de telhas (PT)**	**Catalisador**
100% FV	100 g	1,2 g	-	0,5 ml
100% PT	100 g	-	1,2 g	0,5 ml
50% FV e 50% PT	100 g	0,6 g	0,6 g	0,5 ml
30% FV e 70% PT	100 g	0,36 g	0,84 g	0,5 ml
70% FV e 30% PT	100 g	0,84 g	0,36 g	0,5 ml

Fonte: Os autores (2016).

O método adotado foi basicamente manual, com o auxílio de ferramentas (recipientes, espátulas e tesouras) e ambiente controlado, levando em conta que os corpos de prova que serão produzidos possuem dimensões diferentes. Este método é o que mais se aproxima do citado *Hand Lay-Up*, no referencial teórico, onde as fibras são colocadas manualmente sobre o molde e imediatamente embebidas em resina catalisada e acelerada.

Inicialmente foi cortada a fibra de vidro em pequenos filamentos. Foi separada então, uma quantidade de partículas de telha e misturou-se o *Gel Coat* com seu catalisador. Para cada uma das misturas foi adicionada a medida de *Gel Coat* seguida do catalisador para então colocar-se as definidas porcentagens, definidas com o auxílio de uma balança, de partículas de telha e/ou fibra de vidro. Sempre mexendo bem e buscando a maior homogeneidade possível. Assim que a mistura adquiria um bom aspecto, e isso não podendo exceder de 10 à 15 minutos em função do tempo de cura, vazavam-se os moldes com as diferentes composições, 10 de cada.

Figura 7 - Moldes preenchidos com as resinas compostas

Fonte: Os autores (2016).

Após vazá-los, foi necessário esperar cerca de 24h, até que cura fosse completa. Terminado este tempo, foram retirados os corpos de prova dos moldes.

No entanto, quando os corpos de prova foram vazados, estes transbordaram e exigiram um retrabalho, no qual ao se abrir os canos, foi necessário deixar as faces em esquadro novamente. Para tal etapa, foi utilizado o torno mecânico.

Figura 8 - Corpos de prova desenformados

Fonte: Os autores (2016).

Os corpos de prova da composição de 100% fibra de vidro não saíram como o desejado. A fibra de vidro criou uma espécie de nódulo e assim, já durante o vazamento dos CPs, houve muitos problemas. O resultado final foi uma série de 10

CPs 100% fibra de vidro com faces muito avariadas, o que em um retrabalho, foi necessário mudar a proporção Diâmetro x Altura, através também, do torno mecânico.

Com o sucesso da produção dos corpos de prova, foi agendado com o professor responsável pelo laboratório de ensaios do curso técnico de mecânica da Fundação Liberato, Pedro Rafael Naud de Moura, o ensaio de compressão.

3.4 Análise de dados

Para a produção de borracha, incorporando partículas de telhas na composição, não obtemos dados de ensaios, uma vez que foi realizado pela FCC Indústria de Borrachas e Adesivos, em Campo Bom - RS, e a empresa não nos retornou quantificações. A causa para a não informação se deve ao fato de que o corpo de prova foi reprovado em teste de abrasão, fragmentando-se durante o ensaio, o que comprova a não incorporação do pó de telha na matriz termoplástica. Demais ensaios seriam irrelevantes, visto que a não incorporação já resulta em insucesso de mistura.

A matriz termofixa, que aceitou os insumos de pó de telha em mistura, recebeu ensaio de compressão. Para tal, foram produzidos 10 corpos de prova de cada composição, totalizando 50. Para dados de ensaio, foram realizadas medições de comprimento e diâmetro (cinco medições de cada) corpo de prova, realizando média e desvio padrão. Para execução das medições foi utilizado micrômetro da marca Digimes como instrumento de medição e com escala de 0,01mm e limites entre 0-25mm.

Quadro 3 - Medições dos corpos de prova com 100% de fibra de vidro

100% Fibra		1º	2º	3º	4º	5º	Média	Desvio Padrão
1	D	13,195	13,125	13,025	13,12	13,015	13,096	0,07553145
	L	18,27	18,725	18,21	18,415	18,285	18,421	0,177309811
50% Pó 50% Fibra		1º	2º	3º	4º	5º	Média	Desvio Padrão
1	D	16,645	16,63	16,565	16,58	16,615	16,607	0,033652637
	L	24,305	24,355	24,405	24,55	24,235	24,37	0,118638105
2	D	16,55	16,625	16,595	16,78	16,58	16,626	0,090235802
	L	24,13	24,17	24,205	24,155	24,16	24,164	0,027248853
3	D	16,55	16,61	17,245	16,785	17,305	16,899	0,354566637
	L	25,125	25,005	25,11	25,12	25,095	25,091	0,049421655
4	D	16,69	16,89	16,535	16,695	16,895	16,741	0,152536881
	L	23,515	23,505	23,51	23,495	23,435	23,492	0,032710854
5	D	16,57	16,685	16,585	16,745	16,655	16,648	0,072249567
	L	25,05	24,935	24,975	24,95	24,99	24,98	0,044581386
6	D	17,225	17,225	17,245	17,35	17,305	17,27	0,055452683
	L	25,555	25,5	25,505	25,455	25,535	25,51	0,038078866
7	D	17,24	16,625	17,355	17,24	16,63	17,018	0,359558757
	L	24,57	24,61	24,605	24,65	24,705	24,628	0,051550946
8	D	16,795	16,855	16,785	16,845	16,91	16,838	0,050447993
	L	24,5	24,455	24,495	24,515	24,45	24,483	0,028853076
9	D	16,625	16,585	17,37	16,66	16,665	16,781	0,330820949
	L	25,385	25,325	25,305	25,41	25,405	25,366	0,048010416
10	D	17,34	16,55	16,715	17,315	16,995	16,983	0,352537232
	L	25,235	25,245	25,27	25,26	25,275	25,257	0,016807736

Fonte: Os autores (2016).

Quadro 4 - Medições dos corpos de prova com 70% de fibra e 30% de partículas

Fonte: Os autores (2016).

Quadro 5 - Medições dos corpos de prova com 50% de fibra e 50% de partículas

Fonte: Os autores (2016).

30% Pó 70% Fibra		1º	2º	3º	4º	5º	Média	Desvio Padrão
1	D	16,705	16,67	16,705	16,66	16,73	16,694	0,028591957
	L	25,33	25,25	25,255	25,195	25,29	25,264	0,050174695
2	D	16,81	16,76	16,775	16,59	16,665	16,72	0,090346555
	L	25,005	24,995	25	24,985	24,975	24,992	0,012041595
3	D	16,71	16,765	16,765	16,705	16,7	16,729	0,033052988
	L	24,51	24,435	24,395	24,465	24,495	24,46	0,046368092
4	D	16,675	16,47	16,615	16,695	16,545	16,6	0,093273791
	L	25,485	25,465	25,39	25,295	25,505	25,428	0,086139422
5	D	16,585	16,61	16,615	16,58	16,67	16,612	0,035812009
	L	24,215	24,15	24,165	24,11	24,155	24,159	0,037649701
6	D	16,575	16,615	16,72	16,655	16,625	16,638	0,054037024
	L	25,125	25,145	25,11	25,115	25,125	25,124	0,013416408
7	D	16,585	16,535	16,805	16,655	16,715	16,659	0,106442473
	L	24,995	24,97	24,835	24,795	24,575	24,834	0,168092237
8	D	16,735	16,515	16,585	16,63	16,695	16,632	0,087292611
	L	24,315	24,325	24,265	24,275	24,3	24,296	0,025592968
9	D	16,65	16,545	16,605	16,705	16,795	16,66	0,095655632
	L	25,17	25,19	25,01	25,11	25,095	25,115	0,070887234
10	D	16,655	16,645	16,67	16,785	16,825	16,716	0,082945765
	L	25,695	25,565	25,66	25,705	25,555	25,636	0,071449283

Quadro 6 - Medições dos corpos de prova com 30% de fibra e 70% de partículas

70% Pó 30% Fibra		1º	2º	3º	4º	5º	Média	Desvio Padrão
1	D	16,695	16,595	16,585	17,29	17,175	16,868	0,337964495
	L	25,705	25,675	25,71	25,65	25,675	25,683	0,024647515
2	D	16,62	16,63	16,635	16,69	16,615	16,638	0,030124741
	L	24,825	24,815	24,81	24,825	24,87	24,829	0,023822258
3	D	16,525	16,595	16,61	17,25	17,29	16,854	0,381369244
	L	24,05	23,935	24,035	24,015	24,005	24,008	0,044384682
4	D	16,545	16,6	16,73	16,595	16,67	16,628	0,072336021
	L	25,245	25,22	25,255	25,285	25,295	25,26	0,030413813
5	D	16,685	16,655	16,595	16,665	16,685	16,657	0,037013511
	L	24,165	24,125	24,125	24,205	24,15	24,154	0,03324154
6	D	16,75	16,665	17,265	16,645	16,855	16,836	0,253732142
	L	25,605	25,675	25,64	25,695	25,595	25,642	0,043243497
7	D	16,665	16,695	16,61	16,76	16,615	16,669	0,061987902
	L	24,79	24,75	24,725	24,715	24,94	24,784	0,091883078
8	D	16,595	16,74	16,72	16,655	16,705	16,683	0,058373795
	L	24,67	24,61	24,565	24,595	24,71	24,63	0,058843011
9	D	16,725	16,915	16,495	16,49	16,865	16,698	0,200112468
	L	25,185	25,195	25,13	25,15	25,22	25,176	0,035951356
10	D	16,62	16,655	16,68	16,725	16,62	16,66	0,044300113
	L	25,595	25,665	25,655	25,67	25,695	25,656	0,037148351

Fonte: Os autores (2016).

Quadro 7 - Medições dos corpos de prova com 100% de partículas de telha

100% Pó		1º	2º	3º	4º	5º	Média	Desvio Padrão
1	D	16,725	16,665	16,65	16,65	16,78	16,694	0,05716205
	L	25,025	24,915	25,01	25,035	25,03	25,003	0,050074944
2	D	16,64	16,65	16,695	16,71	16,515	16,642	0,076860263
	L	25,005	25,125	25,13	25,165	25,115	25,108	0,060580525
3	D	16,735	16,715	16,635	16,62	16,78	16,697	0,067878568
	L	24,785	24,9	24,755	24,775	24,81	24,805	0,05667892
4	D	16,73	16,65	16,54	16,675	16,755	16,67	0,083889809
	L	24,935	24,945	24,905	24,91	24,94	24,927	0,018234583
5	D	16,615	16,65	16,68	16,655	16,75	16,67	0,050373604
	L	25,245	25,055	25,045	25,05	25,015	25,082	0,092439169
6	D	16,78	16,755	16,795	16,78	16,54	16,73	0,107179756
	L	23,645	23,575	23,71	23,57	23,615	23,623	0,057510869
7	D	16,77	16,545	16,655	16,555	16,625	16,63	0,090967027
	L	24,35	24,41	24,42	24,395	24,39	24,393	0,026832816
8	D	16,635	16,66	16,635	16,78	16,66	16,674	0,060559888
	L	24,365	24,375	24,35	24,33	24,41	24,366	0,029874738
9	D	16,775	16,715	16,765	16,565	16,54	16,672	0,111781036
	L	25,175	25,165	25,1	25,27	25,215	25,185	0,062948392
10	D	16,52	16,645	16,67	16,665	16,67	16,634	0,064556177
	L	25,03	25,115	25,25	25,105	25,15	25,13	0,080078087

Fonte: Os autores (2016).

Após realizada toda a etapa de medições, com todos os dados catalogados em uma tabela do Excel e com todos os corpos de prova numerados, foi possível partir para a etapa de ensaio na Máquina Universal de Ensaios. Com o auxílio do professor responsável pelo laboratório, Pedro Rafael Naud de Moura, foram instaladas as placas para ensaio de compressão na máquina, realizados os ajustes iniciais para então, ser iniciada a programação para o ensaio. Foram solicitados como dados, a carga máxima suportada (em N), a deformação (em mm) e a tensão (em Mpa).

Para começar a programação, foi usado um dado base, segundo João Luiz Vaz Coelho (2016) em seu trabalho de mestrado, onde a carga estipulada para o PRFV gira em torno de 200MPa, o que aplicado na fórmula, nos dá um resultado de 50000N para escala do gráfico, relação Força (N) X Deformação (mm). Depois do primeiro ensaio, foi possível analisar que os corpos de prova provavelmente ficariam em torno de 25000N e então, o ajuste da máquina foi feito.

Todos os ensaios foram realizados usando esta mesma configuração e as etapas se deram, basicamente, em programar a máquina colocando todos os dados, respectivos de cada composição de corpos de prova, realizar ajustes de tangenciamento e por fim o ensaio, propriamente dito.

3.5 Recursos

Para controle de gastos com a elaboração das duas formulações, demonstramos abaixo os custos envolvidos na elaboração do trabalho:

Quadro 8 – Gastos com a formulação elastomérica

Item	**Custo**
Óculos, luvas e máscaras do tipo P2	R$20,00
2 telhas de fibrocimento-amianto	R$28,00
Matéria-prima de borracha (SBR-1506)	Doação (curso de Química)
Componentes da formulação	Doação (curso de Química)
Total	**R$48,00**

Fonte: Os autores (2016).

Quadro 9 – Gastos com a formulação termofixa

Item	**Valor**
Óculos, luvas e máscaras do tipo P2	Já adquiridos
Resina Gel Coat	Doação (curso de Química)
4 metros de cano PVC 20mm	R$10,00
2 telhas de fibrocimento-amianto	Já adquiridas
Lixas de granulometria 60 e 100	R$2,00
Total	**R$12,00**

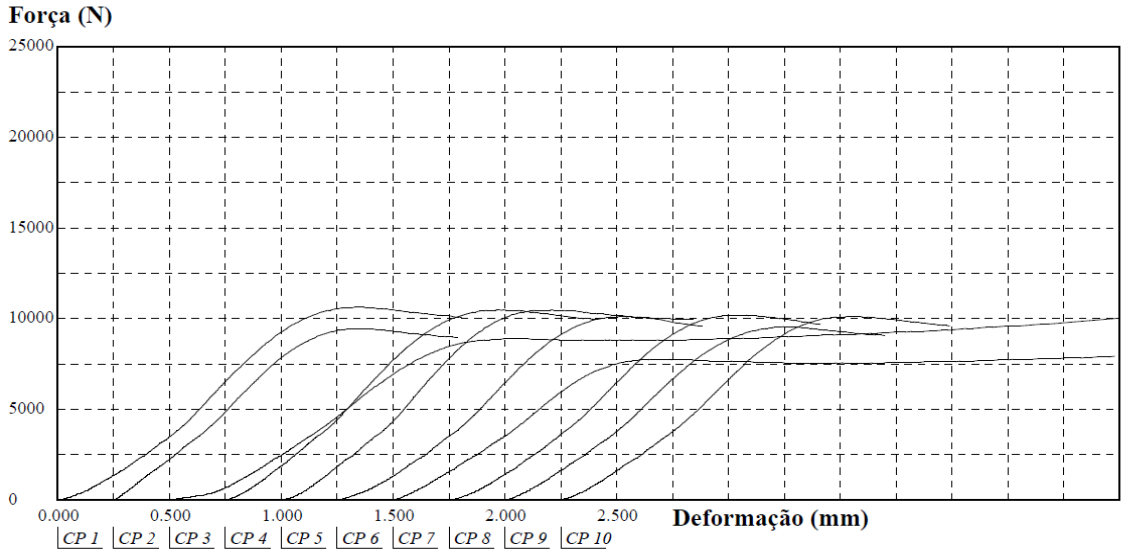
Fonte: Os autores (2016).

3.6 Análise dos Resultados

Ao fim de cada uma das séries de ensaio dos corpos de prova em diferentes formulações foram gerados os gráficos que possibilitam a leitura do comportamento do material à carga solicitada.

A mistura 100% fibra de vidro, que exigiu muito retrabalho e teve por consequência as medidas originais muito alteradas, obedeceu à proporção estabelecida para o ensaio e obteve uma média de 74,64 Mpa de tensão na carga máxima. A carga máxima média para este ensaio foi de 10080 N.

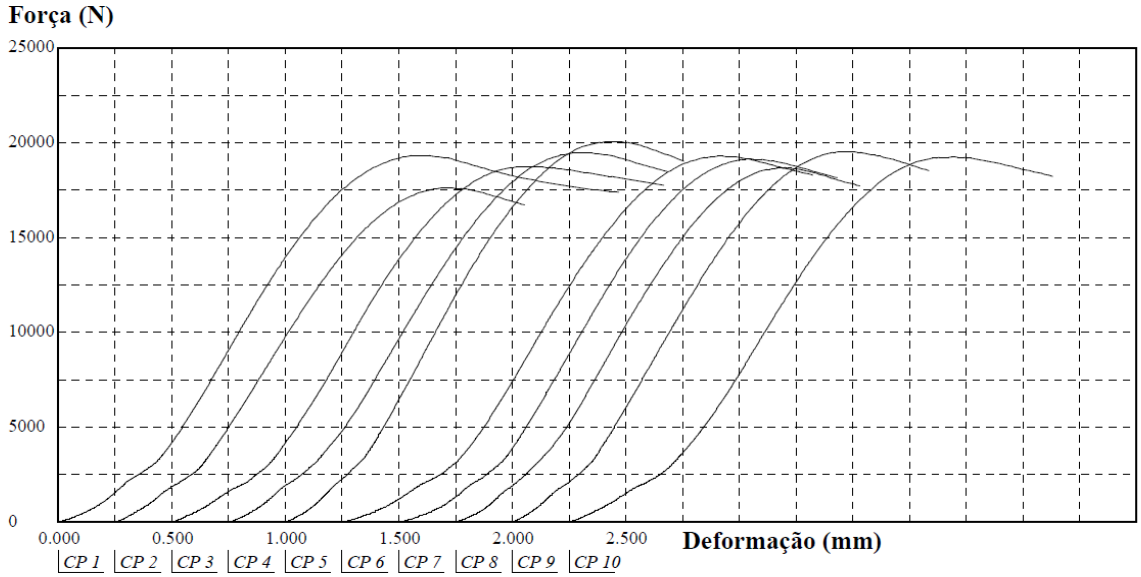
Figura 9 – Gráfico Força X Deformação - composição 100% fibra de vidro



Fonte: Os autores (2016).

A composição de 70% fibra de vidro e 30% partículas de telhas apresentou uma resistência superior à anterior, mas com uma variação entre um corpo de prova e outro maior. A tensão média foi de 87,73 Mpa, com uma carga máxima média de 19140 N.

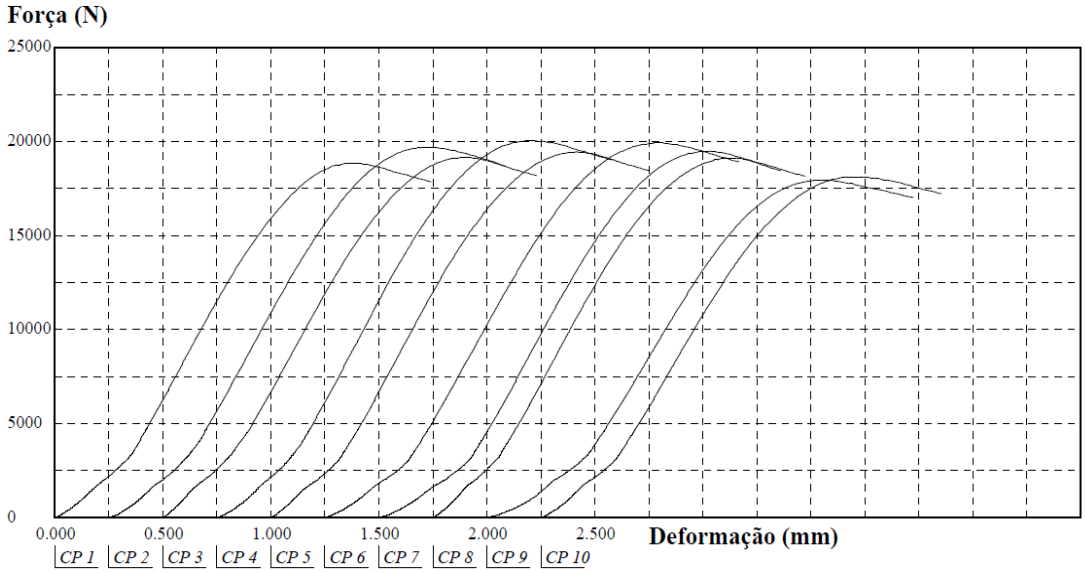
Figura 10 – Gráfico Força X Deformação – composição 70% fibra de vidro e 30% partículas de telha



Fonte: Os autores (2016).

A formulação em 50% fibra de vidro e 50% partículas de telhas de fibrocimento apresentou tensão média de 86,25 Mpa, à uma carma máxima média de cerca de 19210 N.

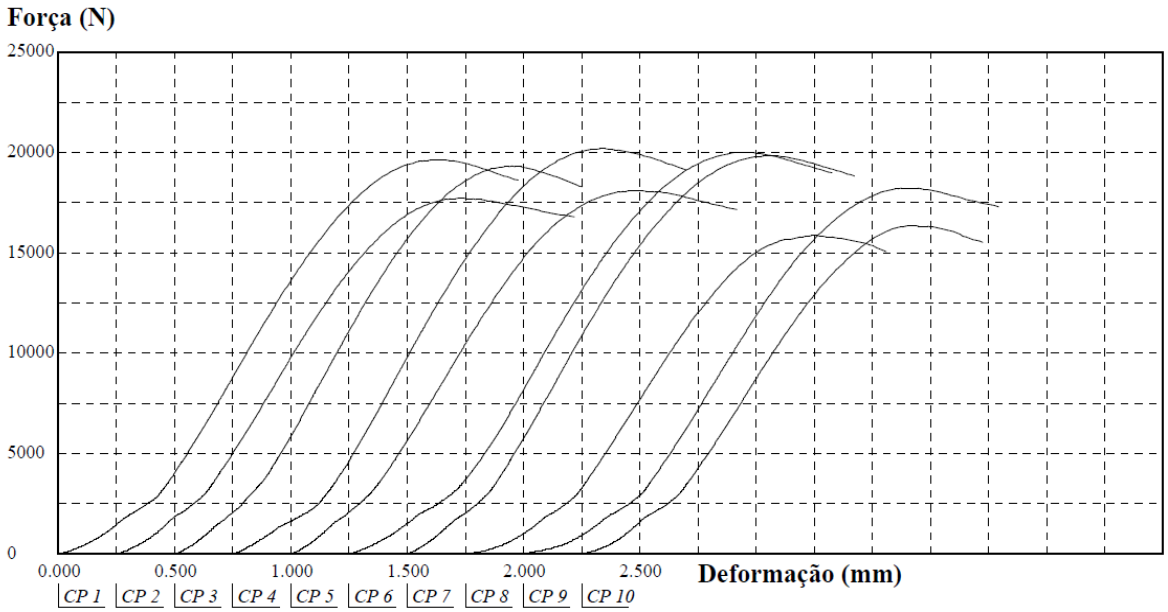
Figura 11 – Gráfico Força X Deformação – composição 50% fibra de vidro e 50% partículas de telha



Fonte: Os autores (2016).

A mistura que apresentava 30% de fibra de vidro com 70% de partículas de telhas de fibrocimento apresentou bastante variação em seus resultados. Suportou uma tensão média de 84,47 Mpa à uma força máxima média de 18550 N.

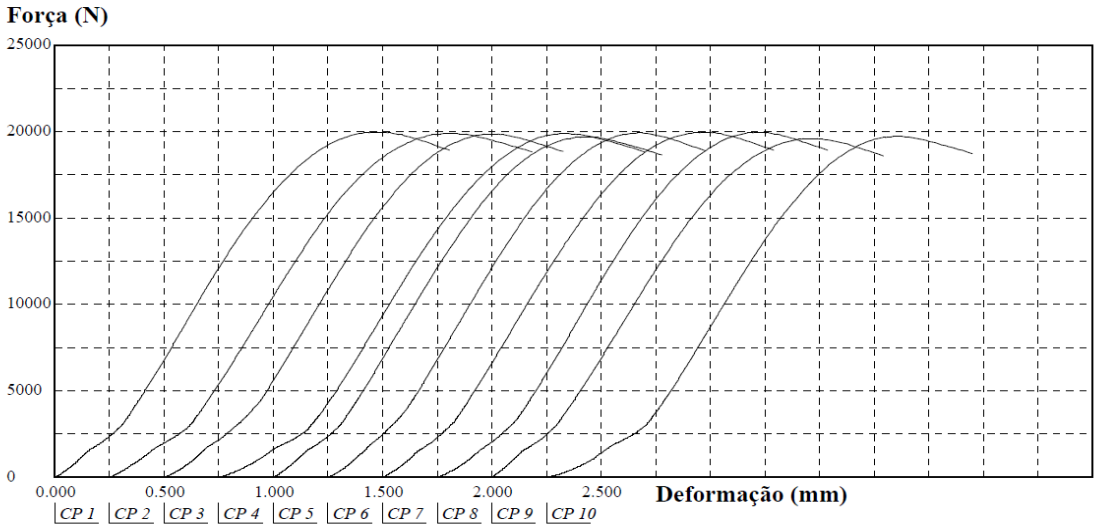
Figura 12 – Gráfico Força X Deformação – composição 30% de fibra de vidro e 70% de partículas de telha



Fonte: Os autores (2016).

A composição de 0% fibra de vidro com 100% de partículas de telhas de fibrocimento apresentou os melhores resultados. Suportou uma tensão média de 91,03 Mpa, à uma força máxima média de 19870 N.

Figura 13 – Gráfico Força X Deformação – composição 100% partículas de telha



Fonte: Os autores (2016).

O ensaio de compressão na matriz termofixa teve resultados favoráveis à integração das partículas de telhas de fibrocimento, analisando as misturas que levaram as mesmas e a feita somente à base de vibra de vidro. É importante analisar que em comparação aos dados da fabricante, os resultados da fibra de vidro foram bem abaixo do esperado, no entanto, sob as mesmas condições, as partículas de telhas se mostraram eficazes no suporte a cargas de compressão.

4 ANÁLISE DE RISCO

Devido aos riscos apresentados pelo amianto, alguns cuidados devem ser largamente observados. Segundo a Abifibrio (2006), as operações que envolvam as telhas com probabilidade de conter amianto devem ocorrer em locais com boa ventilação, é preferível que sejam realizadas com ferramentas manuais, como serrotes, grosas, torqueses e furadeiras manuais, pois provocam menor desprendimento de poeira fina no ambiente; o piso deve ser sempre umedecido ao redor da área de trabalho e os resíduos utilizados também; a limpeza das ferramentas e retiradas de rebarba devem utilizar pano ou esponja umedecidos; ao concluir a tarefa, deve-se recolher o resíduo úmido do piso, colocá-lo em saco plástico e eliminar de forma adequada; a lavagem de roupa de trabalho deve ser, necessariamente, separada das demais peças de roupa; utilizar, durante todo o trabalho, máscara específica (descartável, do tipo P2 para poeira), guarda-pó e óculos de proteção. O manuseio, a armazenagem e o transporte de produtos de fibrocimento, em condições habituais, não apresentam nenhum risco à saúde, pois não liberam fibras de amianto.

Também sendo contabilizados os riscos das práticas planejadas, temos perigos com algumas das máquinas que haverão de ser usadas. Como no caso dos cilindros para processamento da borracha, no qual há risco de prender os dedos, sendo facilmente evitados com um pouco de atenção; e risco de corte com a faca utilizada no processo. Há riscos reais na prensa hidráulica, usada na vulcanização da borracha, tanto em queimaduras quanto prender mãos entre as chapas da prensa. Para ambos existem EPI’s indicados (guarda pó de manga longa, luvas de vaquetas e óculos de proteção) e métodos seguros de uso das máquinas, que são distribuídos e ensinados a todos antes das operações, sempre com o acompanhamento da professora orientadora.

Para lidar com todos os componentes químicos, existe um conjunto de precauções e cuidados a serem tomados de acordo com a FISPQ de cada componente encontrada no site da Basile Química (2016), como garantir que a área tenha exaustão local e que seja arejada e equipamentos como óculos de proteção, luvas e mascara específica devem ser mantidos para evitar contato com os olhos,

com a pele e inalação. Estes materiais devem ser mantidos em local limpo, seco e ao abrigo do calor e da água.

5 CONCLUSÃO

A produção de telhas de fibrocimento e principalmente seu acúmulo em aterros sanitários, podendo ocasionar doenças como câncer por conta de agentes tóxicos e danos à lençóis freáticos por causa de acúmulo inapropriado, é um problema ambiental. O contato direto com as partículas do resíduo traz riscos à saúde e manter grandes quantidades deste material é degradante ao ambiente. Seria muito mais produtivo utilizar as grandes parcelas acumuladas, reaproveitando-as para retirá-las dos aterros sanitários.

Para este trabalho, objetivou-se o reaproveitamento do resíduo que é problema de acúmulo, tendo em vista a sua difícil reciclagem. Ao se reciclar tal composto, retira-se o problema dos aterros e se soluciona uma área distinta. Tendo em vista as amplas aplicações de PRFV (Plástico Reforçado com Fibra de Vidro), utilizar as partículas de telhas de fibrocimento nessas matrizes termofixas é abrir um leque de possibilidades, em aplicações e fins.

Embora não tenha sido possível integrar as partículas de telhas de fibrocimento na matriz termoplástica da borracha, foi possível na termofixa do PRFV. Nisso, substitui-se a fibra de vidro adquirindo boas características de compressão. Como método de final utilidade para a partícula de telha, o projeto de formulações de resina carregada dos mesmos é benéfico, já que traz uma solução contra o acúmulo do resíduo, agora carga de reforço.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS E DISTRIBUIDORES DE PRODUTOS DE FIBROCIMENTO – ABIFIBRIO. **Como manusear produtos de cimento-amianto.** Disponível em: <http:/www.ecivilnet.com/artigos/fibrocimento_como_manusear.htm&gt>. Acesso em: 17 mar. 2015.

BASILE QUÍMICA. **FISPQ – Fichas de Informações de Segurança de Produtos Químicos.** Disponível em: <http://www.basilequimica.com.br/wp-content/uploads/2015/07/&gt>. Acesso em: 03 mai. 2016.

BRASILIT, Saint-Gobain. **Telhas de fibrocimento Brasilit.** Disponível em: <http://www.brasilit.com.br/pdf/apostilas/apostila-CRFS.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2015.

COELHO, João Luiz Vaz. **Efeitos da combinação entre velocidade de carregamento e temperatura nas propriedades mecânicas de compósitos PRFV**. Disponível em: <http://www.mec.uff.br/pdfteses/JoaoLuizVazCoelho2012.pdf>. Acesso em 03 set. 2016.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução Nº 348/Art. 3º/Item IV: Materiais classificados como perigosos.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res04/res34804.xml>. Acesso em: 02 abr. 2015.

CONSELHO REGIONAL DE QUÍMICA - IV REGIÃO **.Tipos de borracha sintética.** Disponível em:<http://www.crq4.org.br/quimicaviva_tipos_de_borracha_sintetica>. Aceso em: 16 abr. 2016.

CPQ CONSULTORIA. **Resina Gel Coat.** Disponível em: <http://www.fibradevidro1.net/gelcoat.php>. Acesso em: 10 set. 2016.

DA RESANA, Orlando Galdino da Silva e MOREIRA, Waldomiro S. **Poliéster Insaturado – Tecnologia de Processos.** Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha, Novo Hamburgo, 1987.

DA ROCHA, Bruno Tavares Brandão. **Polytile-Tec – Tábua à base de polímeros e telhas de fibrocimento.** Novo Hamburgo: Fundação Liberato, 2015. Relatório do PID.

ETERNIT. **Amianto crisotila e amianto anfibólio.** Disponível em: <http://b2b.eternit .com.br/institucional/amiantocrisotila/index.php>. Acesso em: 29 mar. 2015.

HOFMANN, Walter. **Rubber Technology Handbook.** Hanser, New York, 1989.

LIDER MASSA PLÁSTICA. **O que é Resina Poliéster?.** Disponível em: < http://massaplasticalider.com.br/o-que-e-resinas-poliester>. Acesso em: 10 set. 2016.

LINCK, Lucinara de Souza. **Processos industriais IV – Elastômeros – 6068.** Curso Técnico de Química. Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha, Novo Hamburgo, 2016.

LINCK, Lucinara de Souza. **Processos industriais IV – Elastômeros Práticas – 6083.** Curso Técnico de Química. Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha, Novo Hamburgo, 2016.

MAPA SPONTEX. **História da borracha.** Disponível em: <http://www.mucambo.com.br/pdfs/historiadaborracha.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2016.

MENDES, Atahualpa M. et al. **Relatório de ensaio de tração com materiais poliméricos.** Disponível em: <http://www.fem.unicamp.br/~assump/Projetos/2007/Relat_Ensaio_Polimero>. Acesso em: 03 set. 2016.

PETROFISA. **Vantagens dos tubos PRFV PetrOfisa.** Disponível em: < http://www.petrofisa.com.br/index.php/2014-05-15-14-27-38/tubos>. Acesso em : 28 ago. 2016.

TG FIBERGLASS. **Catálogo de Produtos.** Disponível em: <http://www.tgfiberglass.com.br/catalogo_tg_2008.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2016.