



SICIT 2018

Semana de Iniciação
Científica e Tecnológica

Universidade de Itaúna

O ESTADO DA ARTE NO REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA TÊXTIL MUNDIAL

Lucas Resende, Universidade de Itaúna, lucasresende_97@hotmail.com.

Tomás Pessoa Londe Camargos, SENAI Itaúna CETEF, tomas_londe@fiemg.com.br.

Denilson José do Carmo, Universidade de Itaúna e SENAI Itaúna CETEF, denilsoncarmo@uit.br.

Resumo: Este trabalho tem origem em um projeto intitulado “COMBUSTEC – Combustível Sustentável”, parceria em andamento entre o curso de Engenharia de Produção da Universidade de Itaúna, entidades do Sistema SENAI e uma indústria do setor têxtil. O tema é a geração e destino de resíduos têxteis provenientes de indústrias. O descarte de resíduos têxteis no mundo todo é cada vez mais elevado e o seu envio para aterros não deveria ser a forma indicada, entretanto, é muito utilizado. O planejamento do uso de técnicas integradas para reduzir o desperdício ou mesmo, evitá-lo pode minimizar este problema ambiental e econômico. O estudo deste problema leva empresas e instituições a procurarem alternativas para reutilizar ou mesmo reciclar tais resíduos. Apresentam-se neste trabalho os resultados de pesquisas na literatura e em bancos de patentes sobre uma análise do estado da arte no reaproveitamento de resíduos de tecidos da indústria têxtil no âmbito mundial. São destacados casos de sucesso em que empresas e instituições reutilizam estes resíduos têxteis de uma forma lucrativa e inteligente, respeitando leis e órgãos especializados na normalização e fiscalização do tratamento dos resíduos.

Palavras-chave: Reaproveitamento de resíduos. Sustentabilidade. Indústria têxtil.

1 Introdução

Devido aos altos desperdícios de resíduos têxteis no Brasil (classificados segundo a norma de resíduos sólidos NBR 10.004/2004), foi criado um projeto intitulado “COMBUSTEC – Combustível sustentável”, que irá avaliar e estudar os problemas em grande escala referentes aos desperdícios, com o objetivo de transformar resíduos hoje sem utilidade para as empresas em algo produtivo e lucrativo. Grande parte das empresas no Brasil paga para serem levados a aterros ou incinerados gerando custos sem retorno à empresa. Na indústria têxtil, a reutilização e a reciclagem (na forma de *downcycling*, criação de um novo produto, porém com menor valor) já estão bem estabelecidas. Por exemplo, na Europa, cerca de 15 a 20% dos têxteis descartados são coletados (o restante é aterrado ou incinerado), dos quais cerca de 50% são reciclados e 50% são reutilizados, principalmente através da exportação para países em desenvolvimento. Há, entretanto, grandes variações na Europa: exemplos mais proeminentes são a Alemanha, na qual cerca de 70% dos têxteis descartados são coletados para reutilização e reciclagem, dos quais uma fração é separada para incineração (TEXTILE RECYCLING ASSOCIATION, 2005) e Dinamarca, em cerca de 50% são coletados, principalmente para reutilização no país ou no exterior (PALME *et al.*, 2014). Ainda assim, há um grande potencial para aumentar ainda mais a reutilização, já que os itens de vestuário geralmente são descartados muito antes do final de sua vida útil técnica (ROOS *et al.*, 2017; WOOLRIDGE *et al.*, 2006). Considerando a baixa taxa de reciclagem hoje, há um grande potencial para também aumentar a reciclagem, particularmente a reciclagem de polímeros, oligômeros e

monômeros, evitando assim que os resíduos têxteis que não podem ser reutilizados ou os tecidos/fibras reciclados sejam aterrados ou incinerados. A reciclagem de polímeros, oligômeros e monômeros é, no entanto, dificultada pela falta de tecnologias para classificação e separação em frações puras o suficiente (ÖSTLUND *et al.*, 2015), embora recentemente tenham ocorrido avanços significativos na separação de misturas de algodão / poliéster (PALME *et al.*, 2017). Existem também numerosas barreiras não técnicas para o aumento da reciclagem de têxteis (ELANDER; LJUNGKVIST, 2016).

2 Metodologia

Este artigo foi realizado mediante a pesquisas no site <http://www.capes.gov.br/> aonde se encontra artigos de diversas localidades do mundo. Foram utilizadas as palavras chave, *textile waste, kiln, furnace, textile residue, fabric, spoilage, calcination, lime, whitewash, chalk, fuel, alternative energy, cotton* e *reuse* para se encontrar artigos compatíveis com o reaproveitamento de resíduos têxteis industriais. O trabalho ainda mostra por meio de entrevistas e ligações realizadas a empresas em Minas Gerais resultados da gestão de resíduos têxteis.

3 Resultados

Os resultados serão apresentados com base em pesquisa realizada na plataforma de Periódicos CAPES, contendo conteúdo de diversos lugares do mundo, mostrando o reaproveitamento de resíduos têxteis de uma forma benéfica para seus países e para o mundo. Cada tópico estará representado pelo título do trabalho e o local onde foi realizado o artigo.

3.1 Reciclagem e reutilização de têxteis industriais no Brasil: estudo de caso e considerações sobre a economia circular.

No Brasil, o algodão e o poliéster são as fibras mais comuns usadas nos tecidos, como mostra a TABELA 1, que lista a produção de tecidos de acordo com a origem da fibra no período de 2012 a 2014.

TABELA 1 - Produção de tecidos no Brasil por natureza da fibra (em toneladas).

	2012	2013	2014
Algodão	752,879	772,213	752,908
Poliéster	296,009	308,015	310,384
Viscose	14,189	12,703	11,832
Poliamida	7,376	7,489	7,023

Fonte: Adaptado de IEMI (2015).

3.1.1 Mercado têxtil e de vestuário

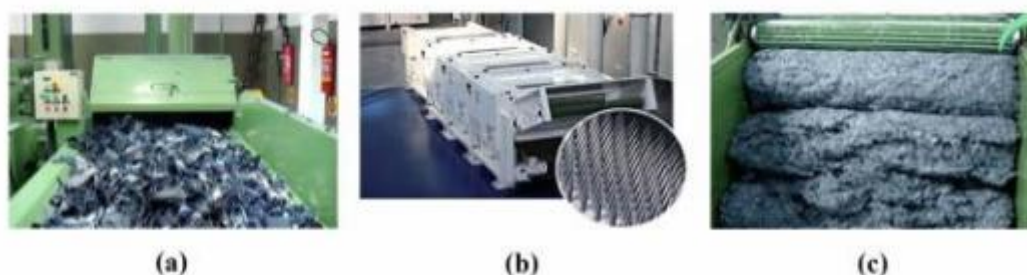
O Brasil é o quarto maior produtor de produtos têxteis do mundo e o quinto na produção de vestuário. É autossuficiente na produção de algodão e considerado referência mundial em moda praia, jeans e têxteis lar, produzindo 9,8 bilhões de peças por ano e cerca de R\$ 5,5 bilhões em peças de vestuário. O valor da indústria têxtil e da produção industrial em 2014 foi de R\$ 164,9 bilhões, conforme dados apresentados na TABELA 1, que representa 5,6% do

PIB gerado pela indústria de transformação, demonstrando a relevância desse setor para a economia brasileira (ABIT, 2015; IEMI, 2015).

3.1.2 Processo mecânico de reciclagem de têxteis

O processo de reciclagem de têxteis mais comum é a reciclagem mecânica, cortando e retalhando retalhos de tecido, de acordo com a capacidade da máquina e o produto final (WANG, 2006). A FIGURA 1a mostra o início do processo de corte e trituração, com a máquina carregada com aparas de jeans.

FIGURA 1 - (a) Início do triturador de jeans; b) Retalhadora concebida para a reciclagem de restos de fiação, tecelagem, malha e não tecida; (c) Fibra de jeans desfiados.



Fontes: (a) (c) ADAMI TÊXTIL (2014); (b) LAROCHE (2015).

A máquina que realiza o processo é denominada *Textile-Shredder*, e pode ser composta de 2, 4, 6 ou 8 rolos, quanto mais rolos, maior a qualidade da fibra reciclada. Os rolos possuem diferentes diâmetros com numerosas agulhas em sua superfície, como mostrado na FIGURA 1b, responsável por rasgar e rasgar os trapos. Eles giram em alta velocidade, e o número de agulhas aumenta em cada rolo, a fim de destruir completamente os materiais têxteis, como mostrado na FIGURA 1c (LAROCHE, 2015).

As máquinas trituradoras são projetadas para trabalhar de acordo com a composição de resíduos têxteis utilizada e é capaz de retalhar de 50 a 3.000 kg/h (LAROCHE, 2015). De acordo com a composição de aparas têxteis, as fibras trituradas podem recorrer à indústria por cobertores, recheios, geotêxteis e enchimentos ou podem retornar ao processo de fiação têxtil (WANG, 2006).

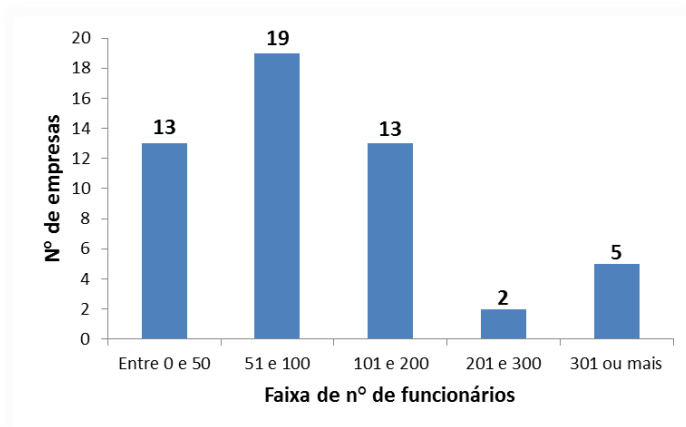
3.1.3 COMBUSTEC

O Brasil é um produtor mundial notável do setor têxtil e anualmente são produzidos no país milhões de toneladas de tecidos, e estes têm como destino final a disposição em aterros sanitários, gerando custos de descarte dos mesmos. Sendo assim, as empresas produtoras de tecidos procuram soluções para agregar valor aos resíduos têxteis gerados na produção, uma vez que os mesmos possuem a propriedade de combustibilidade, com potencial na utilização de geração de energia sustentável. Sob outra perspectiva, as indústrias do setor de calcinação procuram combustíveis alternativos com preço competitivo para seus fornos de calcinação, visando obter redução do custo total de produção da cal e menor impacto ambiental. Uma pesquisa preliminar mostrou que os resíduos têxteis de náilon e trapos de pano possuem Poderes Caloríficos Inferiores (PCI) compatíveis, e por vezes até maiores do que os Poderes

Caloríficos Superiores (PCS) dos combustíveis comumente utilizados nos fornos de calcinação (ARAUTERM EQUIPAMENTOS TERMOMETALÚRGICOS LTDA., 2018; CORTEZ; LORA, 1997). Neste cenário, o potencial energético dos resíduos associado à necessidade de energia alternativa de custo competitivo para o setor de calcinação originou um projeto de pesquisa, denominado COMBUSTEC – Combustível Sustentável, em que será feito um desenvolvimento sistemático de uma tecnologia para utilizar a energia produzida através da queima desses resíduos têxteis para atender aos fornos de pequenas empresas do setor de produção de cal, principalmente para a região de Formiga/MG, polo industrial de ambos os setores. Em instantes iniciais deste estudo, realizou-se uma pesquisa com empresas na região supracitada, a fim de verificar a viabilidade da tecnologia proposta. Os resultados da pesquisa de campo efetuada são apresentados neste tópico.

No GRÁFICO 1 podem-se notar quantas empresas foram entrevistadas e o número de funcionários. Sendo assim, pôde-se obter uma visualização de um determinado porte empresarial com maior incidência dentre as indústrias pesquisadas. No gráfico referido, consegue-se observar empresas de até 50 funcionários e empresas que chegam a mais de 300 empregados. Percebe-se que na maior parte das fábricas interrogadas, são empregados entre 51 e 100 funcionários, enquanto que na minoria, ou seja, 2 empresas são contratados entre 201 e 300 funcionários.

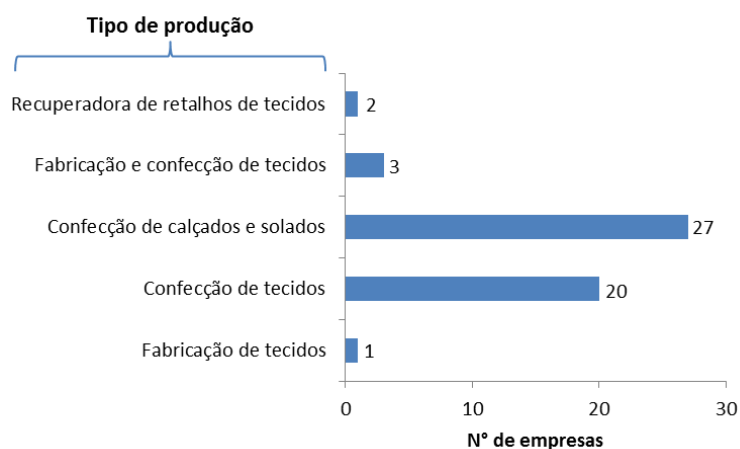
GRÁFICO 1 – Quantidade de empresas por faixa de número de funcionários.



Fonte: SENAI CETEF (2018).

No GRÁFICO 2 pode-se notar a quantidade de indústrias conforme um tipo de produção. Observa-se que na maioria das empresas são realizadas apenas confecção de calçados e solados, ou então somente confecção de tecidos. Em apenas uma fábrica é desempenhada exclusivamente fabricação de tecidos. No entanto há três fábricas em que são efetuadas fabricação e confecção de tecidos. Nas indústrias Allinox e Intêxtil realiza-se a recuperação de tecidos advindos de descarte por outras empresas.

GRÁFICO 2 – Quantidade de empresas divididas por tipos de produção.



Fonte: SENAI CETEF (2018).

No GRÁFICO 3, verifica-se que na maioria das indústrias pesquisadas são confeccionados calçados e solados, enquanto que o tipo Roupas e vestuário surge em 2º lugar com total de 18 empresas. Nessa classificação em questão uma empresa pode, por exemplo, ter mais de um tipo de produto, como é o caso da Tecelagem Minasrey Ltda., onde são produzidas fraldas e tecidos planos. Logo esta empresa pontou em dois itens no GRÁFICO 3. Além dos tecidos sintéticos amplamente empregados pelas fábricas de calçados interrogadas, vale lembrar que em várias fábricas de calçados também são gerados resíduos têxteis semelhantes aos gerados pelas demais indústrias.

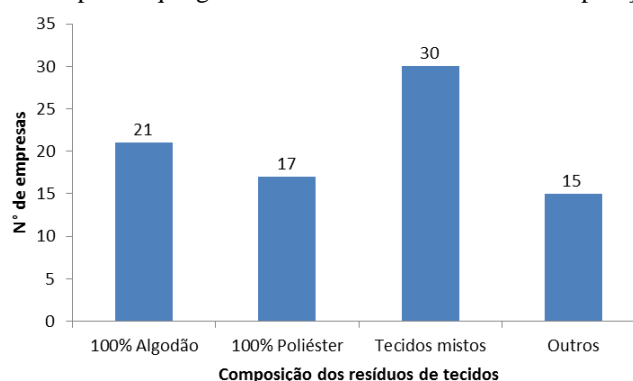
GRÁFICO 3 – Quantidade de empresas divididas por tipos de produtos.



Fonte: SENAI CETEF (2018).

No GRÁFICO 4, observa-se que a maioria das fábricas utilizam tecidos mistos, seguido de tecidos 100% algodão, 100% poliéster. Algumas empresas informaram utilizar outros tipos de material como: EVA, PVC, materiais sintéticos, *nonwoven*, *lycra*, *courvin*, *tubox* e PU.

GRÁFICO 4 – Quantidade de empresas que geram resíduos de determinada composição.



Fonte: SENAI CETEF (2018).

Esta etapa do projeto COMBUSTEC tem importância considerável no entendimento individual e global sobre a geração e descarte de resíduos têxteis pelas 52 fábricas interrogadas. Verificou-se que várias doam ou até mesmo descartam os retalhos em aterros, seja sanitário municipal ou industrial. Isso significa que a pesquisa COMBUSTEC tem potencial para oferecer uma alternativa lucrativa para essas empresas quanto à destinação dos rejeitos. Desta forma não somente estas, como também as indústrias da cal, podem beneficiar-se deste estudo substituindo o combustível convencional dos fornos de calcinação pelos retalhos descartados pelas empresas. Devido aos resultados observa-se que a tecnologia é factível e pode tornar-se uma forma lucrativa sendo empregada em fornos de calcinação adaptados.

3.2 Avaliação do ciclo de vida para reutilização/reciclagem de doações de resíduos têxteis em comparação com o uso de material virgem: uma perspectiva de economia de energia no Reino Unido.

No Reino Unido, entre 4 e 5% do fluxo de resíduos sólidos municipais é composto por roupas. Aproximadamente 25% deste valor é reciclado por empresas como o *Exército de Salvação Trading Company Limited* (SATCOL), que fornece uma infraestrutura de coleta e distribuição de roupas "doadas" e sapatos. Os têxteis podem ser reutilizados ou passar por um estágio de processamento e entrar em um fluxo de reciclagem. A pesquisa foi realizada para quantificar a energia utilizada por uma operação de reutilização/reciclagem e se isso resultou em um benefício líquido de energia. A energia foi quantificada usando uma avaliação simplificada do ciclo de vida (ACV), um escopo restrito de ACV, a fim de visar aspectos específicos do consumo de energia. Levando em considerações a extração de recursos, fabricação de materiais, geração de eletricidade, coleta, processamento e distribuição de roupas e disposição final de resíduos foi demonstrado que, para cada quilograma de algodão virgem desalojado com roupas de segunda mão, são economizados aproximadamente 65 kWh, e para cada quilograma de poliéster em torno de 90 kWh é economizado. Assim sendo a reutilização e reciclagem do vestuário doado resulta numa redução da carga ambiental em comparação com a compra de novas roupas feitas de materiais virgens (WOOLRIDGE *et al.*, 2006). Na TABELA 2 pode-se observar o consumo de energia extraída para a fabricação de 1 tonelada de algodão e poliéster.



SICIT 2018

Semana de Iniciação
Científica e Tecnológica

Universidade de Itaúna

TABELA 2 – Resumo do consumo de energia extraída para a fabricação de 1 tonelada de algodão e poliéster.

	Vestuário de algodão	Vestuário de poliéster
Algodão empacotado	15424	
Fibra de poliéster		35043
Preparação e mistura	7975	8057
Fiação	24616	24870
Tricô	8768	13673
Tingimento e acabamento	7484	7474
Reparo	2380	2380

Fonte: Adaptado de WOOLRIDGE *et al.* (2006).

Mais de um milhão de toneladas de roupas são descartadas no fluxo de resíduos domésticos a cada ano, no entanto, uma quantidade crescente está sendo coletada para possível reutilização ou reprocessamento. Esta investigação quantificou a carga de energia associada ao processamento e transporte desses itens pela *Salvation Army Trading Company Ltd.* (SATCOL). Todos os processos de produção, incluindo a carga de energia associada ao varejo e distribuição e as doações demonstraram ser insignificantes em comparação com a energia consumida durante a fabricação desses itens a partir de materiais virgens. A reutilização de uma tonelada de poliéster vestuário usa apenas 1,8% da energia necessária para a fabricação desses produtos virgens e a reutilização de uma tonelada de roupa de algodão utiliza apenas 2,6% da energia necessária para fabricar aqueles de materiais virgens. As operações do SATCOL se enquadram no âmbito do desenvolvimento sustentável e são longo caminho para cumprir os quatro objetivos definidos pelo governo do Reino Unido. Este estudo é a mais recente avaliação econômica detalhada da economização de energia e esse detalhe será utilizado pelos planejadores regionais na elaboração de futuros programas de gestão de resíduos para incorporar apoiar a prática de reciclagem de têxteis e reduzir a demanda de energia do setor (WOOLRIDGE *et al.*, 2006).

3.3 Interesses da moda como condutor de resíduos têxteis ao consumidor. Gestão, reutilização, reciclagem ou descarte (Canadá)

Neste trabalho foi realizada uma análise estatística através de teste ANOVA para estabelecer se existe uma ligação entre o comportamento dos resíduos têxteis e o índice de moda. Os resultados indicam que consumidores com um índice de alta moda (ou seja, consumidores de moda) e consumidores com índice de moda (ou seja, consumidores não-fashion) gerenciam seus resíduos têxteis de maneira diferente conforme na TABELA 3. Enquanto a maioria dos participantes doa e se desfaz de roupas indesejadas, os consumidores de moda são mais interessados e mais propensos a participar de métodos alternativos (por exemplo, revender, trocar e retomar) para remover tecidos indesejados. Embora os consumidores de moda produzam mais resíduos têxteis do que os consumidores não-fashion, o consumo de têxteis não pode ser relacionado com resíduos têxteis, uma vez que os consumidores de moda foram encontrados para ter uma menor taxa de descarte do que consumidores não-fashion (38% a 50%, respectivamente). A eliminação distinta características dos consumidores de moda e não-moda (ou seja, interesse e vontade de participar de canais alternativos) permite que as estratégias sejam adaptadas de quantidade de resíduos destinados a aterros pode ser reduzida (WEBER; LYNES; YOUNG, 2016).



SICIT 2018

Semana de Iniciação
Científica e Tecnológica

Universidade de Itaúna

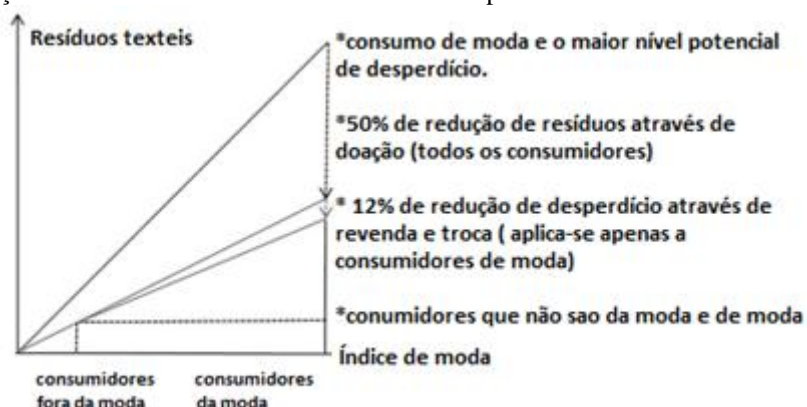
TABELA 3 – Visão geral de como consumidores com menor e maior escala de moda participam de diferentes canais de reutilização, reciclagem e descarte.

Canais	Teste	Consumidores com menor escala de moda	Consumidores com maior escala de moda
Trocando	ANOVA (P < .0001)	- não sabe o que é troca - não tem interesse na troca	- visitou um evento de troca e gostou, - gostaria de visitar um
Pegue de volta	ANOVA (P < .0001)	- nunca ouvi falar dessa possibilidade -ninguém quer sua roupa velha	- Acho que programas de recuperação são uma ótima ideia
Revender	ANOVA (P < .0001)	- nunca tentei e nenhum interesse	- Costumo praticar isso, acho que funciona muito bem
Doar	ANOVA	sem diferença significativa	- a maneira mais conveniente - quer se livrar de roupas imediatamente
Disposição	ANOVA (0 < .0001)	-roupas estão em tão má condição que ninguém poderia usá-las mais	

Fonte: Adaptado de WEBER; LYNES; YOUNG (2016).

Pela FIGURA 2, nota-se que os resultados indicam que os consumidores com um índice de alta moda (isto é, consumidores de moda) e consumidores com um índice de baixa moda (ou seja, consumidores não-fashion) gerenciam seus resíduos têxteis diferentemente. Todos os consumidores, independentemente do interesse de moda, compartilham a vontade de doar suas roupas indesejadas, e os maioria esmagadora de todos os entrevistados (quase 92%) sabe onde doá-los. Quando dado um conjunto de roupas hipotéticas em vários estados de uso, os entrevistados planejaram doar em média 50% dessas peças. Enquanto a doação é amplamente praticada entre todos os consumidores, o mesmo acontece com o descarte. Consumidores de alta moda reduzem sua disposição têxtil em 62% através do seu envolvimento em canais alternativos, enquanto os consumidores não-fashionistas atingem cerca de 50% de desvio. Isso significa que para cada 100 artigos de vestuário comprados, um consumidor de moda irá dispor de 38 itens para aterro; enquanto o consumidor não-fashionistas disporá de 50 peças de vestuário. No entanto, os consumidores fashionistas compram mais roupas do que os consumidores não-fashionistas, assim, o volume total de roupas descartadas permanece maior para os consumidores de moda do que os consumidores não-fashionistas. Os consumidores de moda mostram um interesse mais forte no que fazer com roupas indesejadas. Uma coisa que parece consistente, independentemente de o índice de moda, foi o desejo de doar roupas indesejadas. Embora a doação possa permitir que todos os consumidores contribuam para o desperdício e redução, existe um grande potencial para aumentar a redução de resíduos visando os consumidores de moda e promovendo caminhos alternativos como revender e trocar. Mais pesquisas são necessárias para entender como os municípios, varejistas e consumidores podem fomentar essas oportunidades. Criando e incentivando oportunidades significativas para mudar o comportamento dos consumidores para alternativas mais sustentáveis (WEBER; LYNES; YOUNG, 2016).

FIGURA 2 – Relação entre o consumidor índice de moda e seu potencial têxtil.



Fonte: Adaptado de WEBER; LYNES; YOUNG (2016).

3.4 Resíduos têxteis como solução alternativa de material de construção para isolamento térmico (Portugal)

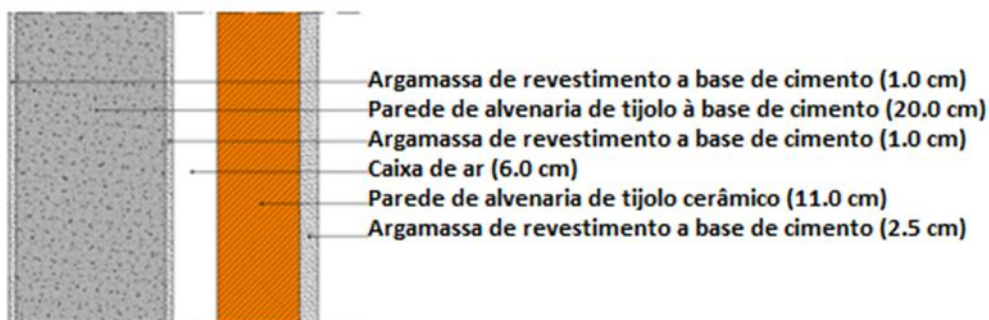
A adoção de comportamentos mais sustentáveis, particularmente no que diz respeito à redução do consumo de energia e as emissões de gases de efeito estufa, é hoje uma prioridade. O setor de construção é uma das áreas-chave de intervenção, que carregam um alto consumo de recursos como materiais, energia e água. Assim, é essencial adotar ações mais eficientes em todas as etapas do processo de construção, incluindo o uso de materiais mais sustentáveis. A reutilização de diferentes tipos de resíduos na construção ou a reabilitação de edifícios pode contribuir significativamente para a sustentabilidade. Neste trabalho de pesquisa, a potencial aplicabilidade de resíduos de tecidos (*Woven Fabric Subwaste*, WFW) e um subproduto deste rejeito, denominado sub-resíduo de tecido (*Woven Fabric Subwaste*, WFS), como material de construção de isolamento térmico foi estudado. O trabalho foi conduzido usando uma parede dupla externa, com a caixa de ar cheia com estes dois tipos de resíduos, para determinar suas características térmicas. Dois medidores de vazão de calor e quatro termopares para medir a temperatura foram colocados na superfície da parede para determinar a condutividade térmica dos resíduos. Os resultados obtidos mostram que a aplicação do WFW e WFS na parede dupla externa aumenta sua resistência térmica em 56% e 30%, respectivamente. O valor de condutividade térmica do WFW é semelhante aos valores obtidos para o poliestireno expandido (EPS), poliestireno extrudado (XPS) e lã mineral (MW). O valor deste parâmetro para o WFS é aproximadamente igual aos valores para grânulos de argila, vermiculita ou perlita expandida. Portanto, aplicando estes resíduos como possíveis materiais de isolamento térmico parecem ser uma solução adequada para o meio ambiente e vantagens sustentáveis e econômicas podem resultar dessa prática (BRIGA-SÁ *et al.*, 2013).

3.4.1 Método

A metodologia utilizada para analisar o potencial de isolamento térmico dos dois tipos de resíduos têxteis considerados nesta pesquisa foi baseada em trabalhos experimentais de acordo com a ISO 9869, intitulada *Isolamento Térmico: Elementos de Construção- In Situ Measurement of Thermal Resistance and Thermal Transmittance*. A fim de aplicar essa metodologia ao WFW e WFS para determinar sua condutividade térmica, foi construído um modelo externo de parede dupla, conforme FIGURA 3. Esta parede foi especificamente

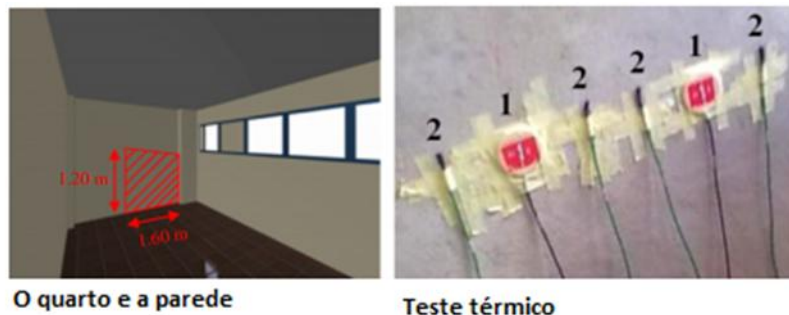
construída em uma sala de testes como demonstra na FIGURA 4, tendo como base uma parede externa simples, composta por uma parede de alvenaria de tijolo à base de cimento com argamassa de revestimento à base de cimento em ambos os lados. De acordo com a ISO 9869, o aparelho que deve ser usado é composto por dois fluxômetros de calor, quatro termopares de superfície, dois sensores de temperatura ambiente (ver FIGURA 4), *data logger* e um computador. Ambos os fluxômetros de calor e termopares de superfície foram fixados no meio da face interna da parede. As temperaturas interior e exterior foram medidas utilizando equipamentos termo higrométricos mantidos em ambiente interno e externo, respectivamente (BRIGA-SÁ *et al.*, 2013).

FIGURA 3 – Modelo externo de parede de alvenaria dupla.



Fonte: Adaptado de BRIGA-SÁ *et al.* (2013).

FIGURA 4 – Sala termicamente controlada e teste térmico em andamento:



Fonte: Adaptado de BRIGA-SÁ *et al.* (2013).

O trabalho de pesquisa apresentado foi focado na análise do benefício do isolamento térmico resultante do reforço de paredes duplas termicamente externas com resíduos de tecido (WFW) e resíduos de tecido (WFS) demonstrados na FIGURA 5. O trabalho experimental mostrou que a camada de ar com WFW e WFS aumenta a resistência térmica da parede em 56% e 30%, respectivamente, quando comparado com a parede dupla e camada de ar vazia. Estes resultados levam à conclusão de que o WFW tem melhores características de isolamento do que o WFS. Outras propriedades desses materiais, como resistência à compressão, comportamento de fogo e isolamento acústico, devem ser estudadas (BRIGA-SÁ *et al.*, 2013).

FIGURA 5 – Tipos de resíduos têxteis estudados.



Fonte: Adaptado de BRIGA-SÁ *et al.* (2013).

4 Conclusão

Considerando como um todo o mundo tem muitos problemas com a reutilização e reaproveitamento de resíduos têxteis. O alto índice de descarte vem incomodando empresários e pessoas que estão envolvidas no setor do vestuário. A maioria das empresas não se beneficia economicamente e deixam a desejar, preferindo os destinos em aterros e incineração. Pode-se observar com esse artigo que, lugares pelo mundo têm projetos excelentes e em andamento e outros já em execução. O COMBUSTEC é um projeto que foi iniciado e com grandes chances de inovar o meio de descarte desses tecidos.

Referências

- ADAMI TÊXTIL. Processo produtivo, 2014. Disponível em: <
<http://www.adamitextil.com.br/site/index.php>>. Acesso em: 30 jul. 2018.
- ARAUTERM EQUIP. TERMOMETALÚRGICOS LTDA.. Poder Calorífico Inferior, 2018. Disponível em: http://www.arauterm.com/pdf/tbl_poder_calorifico_inferior.pdf. Acesso em: 25 de abr. 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO – ABIT. Relatório de atividades, 2015. São Paulo. Disponível em: <
http://www.abit.org.br/conteudo/informativos/relatorio_atividades/2015/relatorio2015.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT, NBR 10004: 2004. Resíduos Sólidos - classificação, Rio de Janeiro, 2004.
- BRIGA-SÁ, Ana *et al.* Textile waste as an alternative thermal insulation building material solution. *Construction and Building Materials*, v. 38, p. 155-160, 2013.
- CORTEZ, Luis Augusto Barbosa; LORA, Electo Silva. Tecnologias de conversão energética da biomassa. In: *Serie sistemas energeticos*. EDUA, 1997.



ELANDER, M.; LJUNGKVIST, H. Critical aspects in design for fiber-to-fiber recycling of textiles. *Mistra future Fashion Report 2016*, v. 1, 2016.

INTELIGÊNCIA DE MERCADO – IEMI. (2015). Relatório setorial da indústria têxtil brasileira (Vol. 15, No. 15). São Paulo: IEMI.

ISO 9869, Thermal insulation – Building elements - In-situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance, International Organization for Standardization. 2014.

LAROCHE. Catálogo de produtos, 2015. Disponível em: < <http://www.laroche.fr/>>. Acesso em: 30 jul. 2018.

ÖSTLUND, Åsa *et al.* Textilåtervinning: Tekniska möjligheter och utmaningar. Naturvårdsverket, 2015.

PALME, Anna *et al.* Chemical and ultrastructural changes in cotton cellulose induced by laundering and textile use. *Cellulose*, v. 21, n. 6, p. 4681-4691, 2014.

PALME, Anna *et al.* Development of an efficient route for combined recycling of PET and cotton from mixed fabrics. *Textiles and Clothing Sustainability*, v. 3, n. 1, p. 4, 2017.

ROOS, Sandra *et al.* Will clothing be sustainable? Clarifying sustainable fashion. In: *Textiles and Clothing Sustainability*. Springer, Singapore, 2017. p. 1-45.

SENAI CETEF Itaúna Marcelino Corradi. Análise do potencial de geração de resíduos têxteis (retalhos) em um raio de 200 km da cidade de formiga. Relatório técnico: Projeto Combustec – Combustível Sustentável, 2018.

TEXTILE RECYCLING ASSOCIATION. OUVERTES Project - Report by Textile Reuse and Recycling Players on the Status of the Industry in Europe, 2005. Disponível em: < http://www.textile-recycling.org.uk/downloads/Report_Ouvertes_Project_June2005%5B1%5D.pdf >. Acesso em: 28 jul. 2018

WANG, Youjiang (Ed.). *Recycling in textiles*. Woodhead publishing, 2006.

WEBER, Sabine; LYNES, Jennifer; YOUNG, Steven B. Fashion interest as a driver for consumer textile waste management: reuse, recycle or disposal. *International Journal of Consumer Studies*, v. 41, n. 2, p. 207-215, 2017.

WOOLRIDGE, Anne C. *et al.* Life cycle assessment for reuse/recycling of donated waste textiles compared to use of virgin material: An UK energy saving perspective. *Resources, conservation and recycling*, v. 46, n. 1, p. 94-103, 2006.