UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE ARQUITETURA E URBANISMO
Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo
Área de concentração: Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia

CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE DA VIABILIDADE DO BLOCO
CONFECCIONADO A PARTIR DA RECICLAGEM DE RESÍDUOS COURO
ORIUNDOS DA INDÚSTRIA COUREIRO CALÇADISTA DE FRANCA/SP

Fabiana Andresa da Silva

Orientador: **Prof. Dr. Javier Mazariegos Pablos**

SÃO CARLOS – SP
2019

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE ARQUITETURA E URBANISMO
Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo
Área de concentração: Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia

FABIANA ANDRESA DA SILVA

**CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE DA VIABILIDADE DO BLOCO CONFECCIONADO
A PARTIR DA RECICLAGEM DE RESÍDUOS COURO ORIUNDOS DA INDÚSTRIA
COUREIRO CALÇADISTA DE FRANCA/SP**
(versão corrigida)

Dissertação apresentada ao Instituto de
Arquitetura e Urbanismo da USP de São
Carlos, como parte dos requisitos para
obtenção do título de Mestre em
Arquitetura, Urbanismo e tecnologia.

Orientador:

Prof. Dr. Javier Mazariegos Pablos

SÃO CARLOS – SP
2019

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

SILVA, Fabiana Andresa da

CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE DA VIABILIDADE DO BLOCO CONFECCIONADO A PARTIR DA RECICLAGEM DE RESÍDUOS COURO ORIUNDOS DA INDUSTRIA COUREIRO CALÇADISTA DE FRANCA/SP / Fabiana Andresa da Silva; orientador Javier Mazariegos Pablos. São Carlos, 2019.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo – Área de Concentração em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia – Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2019.

1.resíduos sólidos. 2.resíduo industrial. 3.reciclagem de resíduo de couro. 4.bloco de vedação. 5.construção civil.

Assim também vocês, depois de terem feito tudo o que lhes foi ordenado, digam: “Somos servos inúteis, porque fizemos apenas o que deveríamos fazer” (Lucas 17:10 – bíblia versão NAA)

DEDICATÓRIA

Ao Prof. Dr. Javier Mazariegos Pablos,
Excelente Professor.

Ao Dr. Victor José dos Santos Baldan,
Pelo apoio, incentivo e pela grande amizade.

À minha família, que esteve sempre presente,
Apoiando e incentivando,
Minha mãe Miriam,
Meu pai José,
E meu irmão Fabrício,
Obrigado por serem meu porto seguro sempre.

E principalmente a Deus,
Pelo dom da vida,
Por me conceder honra de estudar
nessa excelente instituição,
e por me capacitar todos os dias a direcionar
e concluir a pesquisa de mestrado

AGRADECIMENTOS

À Deus, primeiramente, por me conceder o dom da vida, por ser meu instrutor e direcionar meus passos, por me capacitar a cada dia para concluir essa pesquisa. Agradeço a Deus por ser minha fortaleza.

À minha mãe Miriam, que sempre esteve comigo, me incentivando e me dando forças a cada dia. Ao meu querido irmão Fabrício, que com sua calma sempre me ajuda a retomar o foco. Ao meu pai por sempre estar ao meu lado. Agradeço à toda minha família.

Ao Victor Baldan, pela imensa e sincera amizade e por sempre me apoiar e incentivar. À toda equipe e amigos do LCC (Laboratório de Construção Civil) da USP pelo apoio e amizade.

Ao meu orientador Javier Mazariegos Pablos pelo apoio, orientação pelo seu excelente profissionalismo.

À todas as amigas que construí em São Carlos, e que foram fundamentais para meu apoio durante meu tempo de estadia nessa linda cidade.

À CAPES pelo apoio na realização da pesquisa e pela bolsa concedida.

À Flavia e a Mara, do Serviço de Pós-Graduação do IAU, por toda a instrução e amizade.

À toda equipe e professores do Instituto de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da USP, Campus São Carlos.

RESUMO

SILVA, F. A. **Caracterização e Análise da Viabilidade do Bloco Confeccionado a partir da reciclagem de resíduos couro oriundos da indústria coureiro calçadista de Franca/SP**. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Carlos, SP. 2019.

As indústrias de calçados geram um grande volume de resíduos sólidos de couro de diferentes características ao longo de todo o processo de curtimento. Esses resíduos devem ser manuseados adequadamente para evitar a poluição ambiental e os danos à saúde humana. O principal objetivo deste estudo de caso, consiste na análise da viabilidade técnica do bloco de vedação vertical confeccionado a partir da reciclagem do resíduo sólido industrial de aparas de couro acabado oriundo da Indústria coureiro calçadista de Franca/SP, que possui a massa patenteada “técnicas de reciclagem de resíduos sólidos”, patente número PI0403694-8 (PATENTES ONLINE, 2008). O bloco de vedação vertical é confeccionado a partir da incorporação do resíduo sólido de couro moído à água, aglutinante de amido de milho e fungicida. O resíduo foi triturado e classificado de acordo com a normatização brasileira, NBR 10.004 (ABNT, 2004). Foram realizados ensaios laboratoriais para classificar o resíduo sólido quanto a sua granulometria e potencial de contaminação (lixiviação e solubilização). E após confeccionado o bloco, o mesmo foi classificado quanto suas propriedades mecânicas (resistência à compressão), físicas (absorção em água), potencial de contaminação (lixiviação e solubilização) e segurança contra o incêndio (flamabilidade). Os resultados dos testes mostraram que houve uma redução na periculosidade devido à lixiviação em matriz de amido de milho, utilizada em sua confecção. O resíduo sólido foi classificado como Perigoso, Classe I, e os blocos de vedação vertical foram classificados como Não-Perigosos, Não-Inertes, Classe II A. Porém o fato do bloco de vedação vertical, sem função estrutural, confeccionado com o agregado reciclado de aparas de couro acabado obter a classificação Não Perigoso, Inerte – Classe II B, permite que o mesmo seja utilizado como matéria prima para a confecção de novos materiais, abrindo possibilidades de futuras pesquisas utilizando esse material como matéria prima. Abre ainda possibilidades de novas pesquisas de lixiviação do rejeito classificado como Perigoso – Classe I em matriz de amido de milho, já que, na construção civil, normalmente se utiliza matriz de cimento.

Palavras-chave: resíduos sólidos, resíduo industrial, reciclagem resíduo de couro, bloco de vedação, construção civil.

ABSTRACT

SILVA, F. A. **Caracterização e Análise da Viabilidade do Bloco Confeccionado a partir da reciclagem de resíduos couro oriundos da indústria coureiro calçadista de Franca/SP**. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Carlos, SP. 2019.

Footwear industries generate a large volume of solid leather waste of different characteristics throughout the tanning process. Such waste must be handled properly to avoid environmental pollution and damage to human health. The main objective of this case study is the analysis of the technical viability of the vertical sealing block made from the recycling of solid industrial waste from finished leather trimmings from the footwear leather industry of Franca / SP, which has the patented mass. of solid waste recycling ", patent number PI0403694-8 (PATENTS ONLINE, 2008). The vertical sealing block is made by incorporating the solid residue of ground leather into the water, corn starch binder and fungicide. The waste was crushed and classified according to Brazilian standard NBR 10,004 (ABNT, 2004). Laboratory tests were performed to classify the solid residue as to its particle size and contamination potential (leaching and solubilization. And after the block was made, it was classified according to its mechanical properties (compressive strength), physical properties (water absorption), potential contamination (leaching and solubilization) and fire safety (flammability) The test results showed that there was a reduction in hazardousness due to the corn starch matrix leaching used in its manufacture. Class I, and the vertical sealing blocks were classified as Non-Hazardous, Non-Inert, Class II A. However, the fact that the vertical sealing block, without structural function, made from the recycled aggregate of finished leather shavings is classified Non-Hazardous, Inert - Class II B allows it to be used as a material. the cousin for making new materials, opening possibilities for future research using this material as raw material. It also opens possibilities for further research on leaching of hazardous waste classified as Class I in maize starch matrix, since in construction, cement matrix is normally used.

Keywords: solid waste, industrial waste, leather waste recycling, sealing block, civil construction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Divisão dos resíduos sólidos de acordo com sua origem, conforme a PNRS.	15
Figura 2 – Classificação dos resíduos sólidos.	15
Figura 3 – Caracterização e classificação de resíduos.	16
Figura 4 – Matérias primas para curtumes completos, curtidoras e acabadoras.	20
Figura 5 – Fluxograma esquemático da fabricação de couros – operações de ribeira, curtimento e acabamento molhado.	20
Figura 6 – Fluxograma esquemático da fabricação de couros – operações de acabamento.	21
Figura 7 – Fases que caracterizam o processo de curtimento.	23
Figura 8 – Couros acabados – Curtumeiros Franca-SP.	24
Figura 9 – Fluxos básicos principais de um curtume.	25
Figura 10 – Corte manual.	28
Figura 11 – Corte por balancim.	28
Figura 12 – Corte a laser.	28
Figura 13 – Aparas de couro acabado geradas pelo corte por balancim.	29
Figura 14 – Sapato em uma lixadeira.	29
Figura 15 – Serragem gerada pela rebaixadeira.	29
Figura 16 – Extração de colágeno gelificado sustentável, sulfato de cromo III sustentável e/ou hidróxido de cromo sustentável de serragens e aparas de <i>wet-blue</i>	34
Figura 17 – Processos de purificação da pele suína para a obtenção de uma matriz limpa (pele suína purificada).	35
Figura 18 – Processos de reposição de colágeno e fechamento dos poros da matriz limpa (pele suína purificada) com colágeno gelificado sustentável (gelatina) para obtenção de uma matriz de pele humana.	36
Figura 19 – Resíduo Industrial de aparas de couro.	38
Figura 20 – Estrutura da molécula linear de amilose (A), com ligações glicosídicas α -1,4 e da molécula ramificada de amilopectina (B), em que a união das	

ramificações ocorre por ligações glicosídicas na posição α -1,6 e as demais, por ligações α -1,4.....	39
Figura 21 – Facas de corte do moinho.....	41
Figura 22 – Moinho do laboratório de polímeros DEMa/UFSCar.....	41
Figura 23 – Agregado (aparas de couro acabado moída).....	42
Figura 24 – Peneiras para ensaio de granulometria.	43
Figura 25 – Agitação mecânica.....	43
Figura 26 – Resíduo retirado de cada peneira.....	44
Figura 27 – Misturador.....	46
Figura 28 – Prensa pneumática.	47
Figura 29 – Desforma.	47
Figura 30 – Cura dos blocos.	48
Figura 31 – Corpos de prova.	49
Figura 32 – Ensaio de resistência à compressão.	49
Figura 33 – Corpos de prova na estufa.....	50
Figura 34 – Corpos de prova sendo pesados (massa seca).....	51
Figura 35 – Corpos de prova imersos em água.	51
Figura 36 – Corpos de prova sendo pesados (massa saturada).	52
Figura 37 – Preparação do corpo de prova do ensaio de segurança contra incêndio – flamabilidade.....	54
Figura 38 – Aplicação da chama no corpo de prova.....	55
Figura 39 – Requisitos para resistência característica à compressão, absorção e retração.	63
Figura 40 – Especificação quanto à resistência mínima, absorção d'água e geometria.	63
Figura 41 – Determinação da absorção em água.	64
Figura 42 – Resultado pH da massa bruta.....	65
Figura 43 – Resultado parâmetros da massa bruta.	65
Figura 44 – Resultado da análise do extrato lixiviado.....	66
Figura 45 – Resultado da análise do extrato solubilizado.....	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais resíduos sólidos gerados – distribuição pelas principais etapas geradoras.	26
Tabela 2 – Total de resíduos, em toneladas, por tipo destinados ao aterro no ano de 2014.	30
Tabela 3 – Resultado da composição granulométrica.....	56
Tabela 4 – Classificação agregado gráudo.	57
Tabela 5 – Resultado pH da massa bruta.	58
Tabela 6 – Resultado parâmetros da massa bruta.....	58
Tabela 7 – Resultado parâmetros da análise do extrato lixiviado.	59
Tabela 8 – Resultado parâmetros da análise do extrato solubilizado.	60
Tabela 9 – Resultado ensaio de resistência à compressão.	62

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	8
1.1	Objetivos	11
1.1.1	Objetivo Geral.....	11
1.1.2	Objetivos específicos	11
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1	Resíduos Sólidos e Regulamentações	12
2.1.1	Definição de Resíduo e Rejeito	13
2.1.2	Classificação dos Resíduos Sólidos	14
2.1.2.1	<i>Resíduo Classe I – Perigosos.....</i>	<i>17</i>
2.1.2.2	<i>Resíduo Classe II A – Não Perigosos – Não Inertes</i>	<i>17</i>
2.1.2.3	<i>Resíduo Classe II B – Não Perigosos – Inertes.....</i>	<i>17</i>
2.1.3	Resíduos Sólidos Industriais.....	18
2.2	Peles, Couros e Resíduos.....	19
2.2.1	Processamentos de Peles e Couros, e a Geração de Resíduos	19
2.2.1.1	<i>Ribeira</i>	<i>21</i>
2.2.1.2	<i>Curtimento</i>	<i>21</i>
2.2.1.3	<i>Acabamento</i>	<i>23</i>
2.2.2	Resíduos Sólidos oriundos das Indústrias Coureiro Calçadista e dos Curtumes Brasileiros	24
2.2.3	Resíduos Sólidos das Indústrias Coureiro Calçadista e dos Curtumes em Franca/SP	26
2.3	Reciclagem de Resíduos Sólidos e Inovação no Desenvolvimento de Novos Produtos	31
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	37
3.1	Estrutura Metodológica.....	37
3.2	Materiais	37
3.2.1	Resíduo Industrial de Aparas de Couro Acabado.....	37
3.2.2	Aglutinante.....	38
3.2.3	Água	39
3.2.4	Fungicida	40
3.3	Procedimentos experimentais realizados	40
3.3.1	Transformação do resíduo industrial de aparas de couro em agregado reciclado	41
3.3.2	Classificações e caracterização do agregado reciclado	42
3.3.2.1	<i>Granulometria do agregado.....</i>	<i>42</i>
3.3.2.2	<i>Massa bruta do agregado.....</i>	<i>44</i>
3.3.2.3	<i>Análise do extrato lixiviado do agregado</i>	<i>45</i>
3.3.2.4	<i>Análise do extrato solubilizado do agregado</i>	<i>45</i>
3.3.3	Processo de confecção dos blocos	46
3.3.3.1	<i>Ensaio mecânico de Resistência à compressão do bloco confeccionado.....</i>	<i>48</i>
3.3.3.2	<i>Absorção em água do bloco confeccionado</i>	<i>50</i>
3.3.3.3	<i>Massa bruta do bloco confeccionado</i>	<i>52</i>
3.3.3.4	<i>Análise do extrato lixiviado do bloco confeccionado.....</i>	<i>52</i>
3.3.3.5	<i>Análise do extrato solubilizado do bloco confeccionado.....</i>	<i>53</i>

3.3.3.6	<i>Flamabilidade do bloco confeccionado</i>	53
4	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	56
4.1	Resíduo industrial (aparas de couro acabado)	56
4.1.1	Granulometria	56
4.1.2	Massa bruta do agregado reciclado de aparas de couro acabado	57
4.1.3	Análise do extrato lixiviado do agregado reciclado de aparas de couro acabado	58
4.1.4	Análise do extrato solubilizado do agregado reciclado de aparas de couro acabado	59
4.2	Bloco de vedação vertical, sem função estrutural, confeccionado com resíduo sólido industrial (aparas de couro acabado)	62
4.2.1	Resistência à compressão do bloco de vedação vertical, sem função estrutural, confeccionado com aparas de couro acabado	62
4.2.2	Absorção em água do bloco de vedação vertical, sem função estrutural, confeccionado com aparas de couro acabado	63
4.2.3	Massa bruta do bloco de vedação vertical, sem função estrutural, confeccionado com aparas de couro acabado	64
4.2.4	Análise do extrato lixiviado do bloco de vedação vertical, sem função estrutural, confeccionado com aparas de couro acabado	66
4.2.5	Análise do extrato solubilizado do bloco de vedação vertical, sem função estrutural, confeccionado com aparas de couro acabado.....	67
4.2.6	Flamabilidade do bloco de vedação vertical, sem função estrutural, confeccionado com aparas de couro acabado	69
5	CONCLUSÕES	71
	REFERÊNCIAS	73

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Na última década, um dos setores que apresentou grande crescimento no Brasil foi o da indústria coureiro calçadista, e consequentemente essa crescente produção gera números alarmantes de resíduos oriundos desse processo de produção. Segundo André Silva (2006, p.2), o cuidado com o meio ambiente faz-se especialmente necessário em um segmento com grande potencial poluidor e ainda carente de tecnologia para o tratamento de alguns de seus resíduos: a indústria de couro.

O Brasil é um grande produtor mundial de couros, com um dos maiores rebanhos bovinos do mundo, e com uma produção de cerca de 42 milhões de peles de couros bovinos por ano, sendo que o mercado interno consome cerca de 20% dessa produção. Já no setor calçadista, existem 7,9 mil indústrias que produziram 877 milhões de pares de calçados no ano de 2015. O valor da produção de calçados passou de R\$ 27 bilhões em 2014 (CICB, 2015).

O processo de curtimento do couro no Brasil requer diversos processos mecânicos e químicos de tratamento que, em condições de baixa eficiência, resultam em grande quantidade de efluentes – 30 a 35 litros por quilograma de material cru processado – com altas concentrações de matéria orgânica e inúmeros produtos químicos tóxicos, como o Cromo e Sulfato, que podem resultar em irritações na pele, olhos, e trato respiratório, além de cânceres, problemas neurológicos e mutagênicos (RODRIGUES et al, 2008).

O Brasil possui alguns polos coureiros calçadistas, sendo que os maiores produtores de couro estão na região sul e sudeste do país. No estado de São Paulo um dos polos calçadistas que se destacam é a cidade de Franca. A mesma localiza-se no interior do estado de São Paulo e fica na divisa com o estado de Minas Gerais, possui 318.640 habitantes (IBGE, 2013), e é conhecida como a capital do calçado masculino. Todavia a indústria coureiro calçadista da cidade é voltada principalmente para a fabricação de calçado masculino e possui toda a estrutura produtiva, tratando-se de uma atividade relevante na economia da cidade.

O polo de Franca possui 467 fábricas de calçados, de acordo com o levantamento mais recente, de 2011, e no ano de 2015 as indústrias calçadistas de Franca produziram 33 milhões de pares de calçado, sendo que 90,32 % dessa

produção foi vendida para o mercado interno e o restante para o mercado externo (SINDIFRANCA, 2016).

A geração de resíduos de couro, em Franca, é proveniente tanto das indústrias de calçados quanto dos curtumes. Os principais resíduos sólidos gerados pelas indústrias de calçados são aparas de couro acabado, pó de lixadeira e tecidos de forro. Já nos curtumes os principais resíduos gerados, que são enviados para o aterro, são as aparas de couro acabado, serragem gerada pela rebaixadeira (máquina utilizada para rebaixar a pele de couro, deixando-o na espessura ideal de acordo com a necessidade de sua utilização – calçado, bolsas, roupas, entre outros), farelo ou pó de couro. Franca gerou, no ano de 2014, 26.668,06 toneladas de resíduos industriais, sendo de 9.987,61 toneladas de resíduos provenientes das indústrias calçadistas e 16.680,45 toneladas de resíduos de curtumes, que vão para o aterro sanitário da cidade (BREDA, 2016, P.113).

Em Franca, além dos dados alarmantes a respeito da alta geração de resíduos sólidos industriais gerados são o grande volume de descarte clandestino destes resíduos que se encontra pela cidade.

Sabe-se que a Política Nacional de Resíduos Sólidos, institui aos geradores de resíduos sólidos a necessidade de esgotamento de todas as possibilidades de aproveitamento do resíduo antes de seu descarte final, priorizando a não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos. E após esgotadas todas as possibilidades de aproveitamento do resíduo, o rejeito deve ter uma disposição ambientalmente adequada (LEI 12.305/10).

Assim, é estabelecido como atitude fundamentalmente responsável, por parte do ser humano, a necessidade de reciclar os resíduos por ele gerados, a fim de recuperar matéria e energia, diminuindo a utilização de recursos naturais, causando menor degradação ao meio ambiente e melhorando, de modo geral, as condições da vida em comunidade e promovendo a sustentabilidade ambiental.

No caso deste trabalho de pesquisa, analisa-se um bloco de vedação vertical para a construção civil desenvolvido a partir da utilização de aparas de couro acabado, que por ser classificado como um resíduo sólido Classe I – Perigoso, na verdade é considerado um rejeito já que devido a sua classificação não pode ser reutilizado ou reciclado. O estudo de materiais confeccionados com rejeito, que não é considerado matéria prima, é uma das novidades deste trabalho, já que a grande parte das

pesquisas utilizam o resíduo como origem de pesquisa, devido ao mesmo já se tratar de uma matéria prima.

O bloco, para vedação vertical não estrutural, apresentado em estudo de caso possui a seguinte patente: “técnicas de reciclagem de resíduos sólidos”, patente número PI0403694-8 (PATENTES ONLINE, 2008). O mesmo é confeccionado a partir da mistura de aparas de couro acabado com aglutinante (amido de milho), fungicida e água; e para assentamento dos blocos utiliza-se cola PVA (cola comum concentrada) e para o acabamento massa acrílica e látex acrílico (SEBRAE, 2012).

Inicialmente o intuito da presente pesquisa seria avaliar essencialmente o desempenho térmico dos blocos confeccionados a partir dos resíduos sólidos de aparas de couro acabado quando aplicado em um ambiente construído e compará-lo com o desempenho térmico do bloco de cimento. No entanto, devido ao fato de o órgão de patenteamento não exigir ensaios laboratoriais credenciados para a validação da patente, foi verificado que o mesmo não possuía especificações quanto as propriedades físicas, mecânicas, potencial de contaminação e segurança contra incêndio deste novo material, por isso houve a necessidade, no presente estudo de caso da pesquisa, de se caracterizar as propriedades do bloco de vedação vertical para consequentemente analisar a viabilidade técnica da utilização do mesmo na construção civil, proporcionando também pesquisas futuras da utilização desse rejeito.

O presente trabalho é composto por cinco capítulos, sendo eles respectivamente: Introdução e Justificativa; Revisão Bibliográfica, Materiais e Métodos; Análise e Discussão dos Resultados e Conclusões.

A Revisão Bibliográfica é composta por três subcapítulos; sendo que o primeiro relata o que são e como são classificados os resíduos sólidos, bem como as legislações vigentes; o segundo capítulo descreve todo o processamento da pele de couro apontando os resíduos gerados em cada processo, também aponta a quantidade de resíduos gerados pelas indústrias Coureiro Calçadista e Curtumes no Brasil e na cidade de Franca e o terceiro subcapítulo aponta pesquisas científicas sobre materiais relacionados ao couro. O capítulo de Materiais e Métodos descreve: a estrutura metodológica da pesquisa; os materiais; processo de confecção do bloco e os ensaios laboratoriais que foram utilizados. O quarto capítulo, Análise e Discussão dos Resultados, relata o resultado dos ensaios laboratoriais realizados e discute os resultados obtidos, analisando se os resultados foram satisfatórios ou não. O último

capítulo trata-se da Conclusão de toda a pesquisa, mencionando ainda as pesquisas futuras que poderão ser realizadas através deste estudo de caso.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

O principal objetivo deste estudo de caso, consiste na análise da viabilidade técnica do bloco de vedação vertical confeccionado a partir da reciclagem do resíduo sólido industrial de aparas de couro acabado oriundo da Indústria coureiro calçadista de Franca/SP.

1.1.2 Objetivos específicos

- Caracterização e classificação do resíduo reciclado de couro quanto à sua granulometria e potencial de contaminação (lixiviação e solubilização);
- Confeção dos blocos, objeto de estudo, e caracterização quanto às suas propriedades mecânicas (resistência à compressão), físicas (absorção em água), potencial de contaminação (lixiviação e solubilização) e segurança contra o incêndio (flamabilidade);
- Análise da redução da periculosidade do resíduo sólido, em estudo, por meio da lixiviação em matriz de amido de milho;
- Análise da viabilidade técnica, quanto a utilização do bloco em um ambiente construído, e comparação da caracterização do bloco estudado com a caracterização do bloco de concreto e do bloco cerâmico (convencionalmente utilizados na construção civil).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Resíduos Sólidos e Regulamentações

Devido à crescente quantidade na geração de resíduos e rejeitos decorrentes das atividades humanas, ao decorrer do tempo foi surgindo a necessidade da criação de leis para gestão dos mesmos.

Países como Estados Unidos e Alemanha criaram suas legislações específicas sobre a gestão de resíduos nos anos 70. A Alemanha criou sua legislação em 1972, e os Estados Unidos aprovou no Congresso a *Resource Conservation and Recovery Act* (RCRA) em 21 de outubro de 1976, e ainda a Comunidade Europeia editava sua diretiva sobre resíduos em 1975 (BREDA, 2016, p.33).

No Brasil foi instituída a Política Nacional de Resíduos Sólidos, depois de mais de 20 anos de tramitação no Congresso, por meio da promulgação da Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, e do Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010, os quais reuniram princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes e metas que deveriam ser adotados pelos governos nas esferas federal, estadual e municipal, bem como pelas empresas com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos (BREDA, 2016, p.33).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, institui aos geradores de resíduos sólidos a necessidade de esgotamento de todas as possibilidades de aproveitamento do resíduo antes de seu descarte final, priorizando a não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos. Esgotadas todas as possibilidades de aproveitamento do resíduo, o rejeito deve ter uma disposição ambientalmente adequada (BRASIL, 2010).

O Brasil também possui as normas técnicas que tratam sobre os resíduos sólidos, obtendo sua primeira edição publicada em 1987. Posteriormente, considerando a crescente preocupação da sociedade com relação às questões ambientais e ao desenvolvimento sustentável, a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) criou a CEET (Comissão de Estudo Especial Temporária de Resíduos Sólidos) para revisar as normas vigentes e aperfeiçoá-las, publicando então a segunda edição das normas em 2004, são elas:

- ABNT NBR 10.004 – Resíduos Sólidos – Classificação (classifica os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que possam ser gerenciados adequadamente);
- ABNT NBR 10.005 – Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos (fixa requisitos exigíveis para a obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos, visando diferenciar os resíduos classificados pela ABNT NBR 10.0004 como classe I – perigosos, e classe II – não perigosos);
- ABNT NBR 10.006 – Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos (fixa os requisitos exigíveis para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos classificados pela ABNT NBR 10.0004 classe II A – não inertes – classe II B – inertes);
- ABNT NBR 10.007 – Amostragem de Resíduos Sólidos (fixa requisitos exigíveis para amostragem resíduos sólidos).

2.1.1 Definição de Resíduo e Rejeito

Popularmente, os resíduos sólidos são chamados de lixo, ou seja, são materiais sólidos considerados sem utilidade, supérfluos ou perigosos, e são gerados pela atividade humana, que geralmente são descartados ou eliminados (BALDAN, 2015).

Segundo a norma ABNT NBR 10004 (2004a, p.01), os resíduos sólidos são:

“Resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções tecnicamente e economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.”

A partir da regulamentação da Política Nacional de Resíduos Sólidos pelo Decreto nº 7.404/2010, a conceituação de resíduos sólidos presente na mesma passou a vigorar como definição oficial no país (CÓRDOBA, 2014). Com isso os resíduos sólidos devem ser definidos como:

“material, substância, ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, cuja destinação se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o

seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível." (BRASIL, 2010, p.1)

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (2010, p.1) ainda define os rejeitos como sendo aqueles resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada.

2.1.2 Classificação dos Resíduos Sólidos

De acordo com Leite (1997), os resíduos sólidos podem ser classificados por alguns critérios como, por exemplo:

- pela natureza física: seco ou molhado;
- conforme a composição química: matéria orgânica ou inorgânica;
- segundo o grau de biodegradabilidade: facilmente, moderadamente, dificilmente degradáveis e não-degradáveis.
- conforme sua origem ou fonte;
- segundo os riscos potenciais ao meio ambiente e saúde pública.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, classifica os resíduos sólidos em 13 categorias de acordo com a sua origem, conforme figura 1 presente na página seguinte.

substâncias (contidas nos anexos da mesma norma) cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido. A identificação dos constituintes a serem avaliados na caracterização do resíduo deve ser criteriosa, considerando ainda as matérias-primas e os insumos (figura 3).

Figura 3 – Caracterização e classificação de resíduos.

Fonte: ABNT, 2004a, p.06.

2.1.2.1 Resíduo Classe I – Perigosos

São considerados resíduos perigosos (classe I) os que apresentarem características de periculosidade, em função de suas propriedades físicas, química ou infecto-contagiosas. São resíduos que podem representar riscos à saúde pública (provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices) e ao meio ambiente (quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada), assim como os que possuírem propriedades de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, ou, ainda os resíduos que constem no anexo A e B da ABNT NBR 10004 (ABNT, 2004a, p.03-05).

De acordo com a Lei 12,305/10, os empreendimentos ou atividades que gerem ou operem com resíduos perigosos somente podem ser autorizados ou licenciados pelas autoridades competentes se os cuidados necessários ao gerenciamento desses resíduos. A norma (2010) ainda relata que esses empreendimentos ou atividades devem adotar medidas destinadas a reduzir o volume e a periculosidade dos resíduos sob sua responsabilidade, bem como a aperfeiçoar seu gerenciamento.

2.1.2.2 Resíduo Classe II A – Não Perigosos – Não Inertes

Alguns resíduos não perigosos (classe II) possuem códigos que são encontrados no anexo H da ABNT NBR 10004/2004. Esta mesma norma (2004a, p.05) considera os resíduos não inertes (classe II A) como sendo aqueles que não se enquadrarem nas classificações de resíduos perigosos (classe I), descrita anteriormente, ou de resíduos inertes (classe II B), e que podem ter as seguintes propriedades: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

2.1.2.3 Resíduo Classe II B – Não Perigosos – Inertes

E os resíduos inertes (classe II B) são considerados, pela ABNT NBR 10004 (2004a, p.05), aqueles resíduos que quando amostrados de forma representativa, (segundo a ABNT NBR 10007/2004), e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006/2004, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações

superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se os aspectos de cor, turbidez, dureza e sabor, conforme anexo G da ABNT NBR 10004/2004.

2.1.3 Resíduos Sólidos Industriais

De acordo com o CONAMA (2002), Resolução nº 313, o resíduo sólido industrial é:

“Todo o resíduo que resulte de atividades industriais e que se encontre nos estados sólido, semi-sólido, gasoso (quando contido) e líquido, cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgoto ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível”.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), dispõe que as indústrias são responsáveis por todo resíduo que geram durante suas atividades de transformação de matéria-prima em produtos. As próprias indústrias devem gerenciar seus resíduos e providenciar sua destinação final de acordo com o que foi acertado no documento de licença de implantação e de operação (NOGUEIRA, 2011, p. 40).

Segundo Guerra (2012, p. 74):

“A indicação de um agente como sendo gerador de resíduos não se restringe a mera qualificação, mas permite o seu enquadramento dentro da sistemática de escalonamento, obrigando-se este a adotar as medidas específicas na destinação ambientalmente adequada de seus respectivos resíduos. Os geradores de resíduos sólidos também são aludidos no Decreto 7.404/2010, que em seu art. 38 determina que os mesmos devem adotar medidas que promovam a redução da geração dos resíduos, principalmente os resíduos perigosos, na forma prevista nos respectivos planos de resíduos sólidos e nas demais normas aplicáveis”.

Destaca-se ainda que o processo de produção industrial gera uma grande variedade de resíduos (sólidos, líquidos e gasosos) que podem ser reutilizados ou reaproveitados, na sua grande maioria (BALDAN, 2015, p. 22).

2.2 Peles, Couros e Resíduos

2.2.1 Processamentos de Peles e Couros, e a Geração de Resíduos

A pele curtida dos animais é conhecida como couro, sendo que o couro bovino é o mais utilizado por ser o mais abundante do mercado e ao preço mais baixo. A pele de couro é utilizada na fabricação de artefatos, como calçados, bolsas, carteiras, estofados, entre outros, sendo que o setor de calçados é o principal consumidor das peles de couro.

A preparação da pele do animal antes do curtimento começa logo após o abate do animal, onde é realizado a operação de esfolagem, que é a remoção da pele do animal. Essa pele recém esfolada (pele fresca ou verde), com peso de 35-40 Kg por unidade, contém de 61 a 65% de água, ou seja, apresenta condições ideais para a ocorrência de degradação autolítica por enzimas contidas na própria pele e pelo ataque bacteriano, dependendo também da temperatura ambiente, controle da higiene do local e microorganismos presentes. Nesta etapa as peles estão úmidas e não apresenta sistema de defesa, por isso devem ser encaminhadas diretamente para o beneficiamento, no prazo de 3 a 4 horas após o abate do animal, ou quando as peles precisam ser estocadas ou transportadas, devem ser conservadas pela deposição de sal ou pela imersão em salmoura, ou ainda, em pequena escala por meio de resfriamento ou secagem, para evitar o processo de degradação ou decomposição (FÉLIX DE SOUSA, 2009, p.9).

A pele fresca ou salgada é fornecida pelos frigoríferos aos curtumes para ser realizado o processamento em diferentes estágios: processamento completo até couros acabados, ou processamento parcial até o curtimento, obtendo o couro denominado *wet blue*, ou semiacabados, obtendo o couro chamado *crust*. Há também alguns curtumes que utilizam o couro *wet blue* para produzir o couro acabado, esse processamento é denominado seção de acabamento (AZEVEDO, 2002).

A figura 4, que consta na próxima página, mostra as matérias para: curtumes completos (beneficiamento de peles frescas ou salgadas até o estágio de couro acabado), curtidoras (beneficiamento de peles frescas ou salgadas até o estágio de couro *wet-blue*), e acabadoras (beneficiamento do couro *wet-blue* até o estágio de couro acabado).

Figura 4 – Matérias primas para curtumes completos, curtidoras e acabadoras.

Fonte: FÉLIX DE SOUSA, 2009.

Após a etapa de conservação das peles, o processo de transformação das mesmas em couro, normalmente, é dividido em três etapas principais: *ribeira*, onde são retiradas as estruturas e substâncias não desejáveis da pele; o *curtimento* propriamente dito, quando são adicionados os materiais curtentes, visando deixar o couro imputrescível e impermeável; e o *acabamento*, que consiste em processos mecânicos, tingimentos, secagem, entre outros, para dar forma final ao couro (TACHARD, 2006, p.10).

As figuras 5 e 6 mostram um fluxograma genérico do processamento completo para a fabricação de couros, desde as peles frescas ou salgadas até os couros totalmente acabados, destacando-se os principais pontos de geração de resíduos.

Figura 5 – Fluxograma esquemático da fabricação de couros – operações de ribeira, curtimento e acabamento molhado.

Fonte: CLAAIS; MAIA, 1994 apud PACHECO, 2005

Figura 6 – Fluxograma esquemático da fabricação de couros – operações de acabamento.

Fonte: CLAAIS; MAIA, 1994 apud PACHECO, 2005.

2.2.1.1 Ribeira

O processo da ribeira compreende as etapas do pré-remolho até a lavagem após a descalcinação e purga ou até o píquel, realizado antes do curtimento (Figura 05), e tem por finalidades a limpeza e a eliminação das diferentes partes e substâncias das peles que não irão constituir os produtos finais (os couros), e também para preparar sua matriz de fibras de colagênicas (estrutura proteica a ser mantida) para reagir adequadamente com os produtos químicos das etapas seguintes, o curtimento e o acabamento (PACHECO, 2005, p.18).

2.2.1.2 Curtimento

O processo do curtimento consiste na transformação das peles, pré-tratadas na ribeira, em materiais estáveis e imputrescíveis, ou seja, na transformação das peles em couro. Com esse processo, através da reação do couro com os materiais curtentes, ocorre o aumento da estabilidade de todo o sistema de colágeno, diminui a capacidade de intumescimento do mesmo, aumenta a temperatura de retração e o couro é estabilizado face às enzimas e aos microrganismos, aumentando também a resistência dos couros. O curtimento pode ser classificado em três tipos principais:

mineral (principal: cromo), vegetal (tanino, contido em extratos vegetais) e sintético (curtentes orgânicos, como resinas e taninos sintéticos) (OLIVEIRA, 2008, p.19).

O **curtimento mineral (metálico)** pode ser realizado na presença de sais de cromo, sais de titânio, sais de alumínio, sais de zircônio e sais de ferro. O processo de curtimento ao cromo ainda é o principal processo utilizado mundialmente, devido ao tempo relativamente curto de processo e a qualidade que confere aos couros, uma vez que permite a obtenção de couros com características únicas de resistência, flexibilidade e maciez. Aproximadamente 90% das indústrias processadora Brasileiras utilizam sais de cromo em seus processos de curtimento de peles e de recromagem de couros. Normalmente a fonte de cromo utilizada é o sulfato básico de cromo, onde este se encontra no estado trivalente (FÉLIX DE SOUSA, 2009, p.19). Após este processo o couro adquire uma coloração azul, dando origem ao nome *wet-blue*. Devido ao impacto ambiental negativo do uso do cromo, são verificados esforços crescentes para a substituição do mesmo.

O **curtimento vegetal** (aos taninos, contidos em extratos vegetais) geralmente é utilizado para a produção de solas e outros tipos especiais de couro, e também em combinação com outros tipos de curtimento. Por este processo possuir um alto custo, os taninos são utilizados, na maioria das vezes, apenas para a reposição de solução para o lote de peles seguintes, com o objetivo de compensar a parte absorvida pelas peles do lote anterior. Devido ao aumento do uso de materiais sintéticos na fabricação de solas, o curtimento vegetal de couro para este fim diminuiu significativamente (PACHECO, 2005, p.21). Ao final do curtimento os couros são denominados *wet-white*.

No **curtimento sintético** geralmente são empregados curtentes orgânicos (resinas, taninos sintéticos), proporcionando um curtimento mais uniforme e aumentando a penetração de outros curtentes, o que resulta, por exemplo, em um melhor tingimento posterior. Por esses curtentes serem relativamente mais caros que os outros curtentes, são mais utilizados apenas como auxiliares de curtimento (CETESB, 2014, p.28).

O processo de curtimento é basicamente caracterizado através de três fases importantes, sendo que a relação mútua entre estas fases é o que decide se o produto acabado está bem curtido ou não. Essas fases são (figura 05): 1) penetração do agente curtente dentro da pele (chamada de atravessamento); 2) fixação do agente curtente com a consequente formação do *cross-links*; 3) distribuição homogênea do

agente curtente, que é o resultado dos dois precedentes (FÉLIX DE SOUSA, 2009, p.19).

Figura 7 – Fases que caracterizam o processo de curtimento.

Fonte: FÉLIX DE SOUSA, 2009.

2.2.1.3 Acabamento

Após a etapa do curtimento as peles de couro são expostas à secagem, na maioria das vezes são colocadas ao ar livre, para a diminuição da umidade, iniciando então a etapa de acabamento.

O acabamento tem por finalidade manter, ou melhorar, o aspecto do couro e atender às especificações do produto final (como cor, resistência físico-mecânica, físico-química e microbiológica, maciez e toque do artigo, por exemplo) (MOREIRA; TEIXEIRA, 2003).

Este processo de acabamento pode ser subdividido em três etapas: acabamento molhado, pré-acabamento e acabamento final.

O **acabamento molhado** (denominado nos curtumes de recurtimento) tem o objetivo conferir aos couros as características desejadas nos artigos finais, visando complementar o curtimento principal anterior, bem como conferir a base de algumas propriedades físicas e mecânicas desejáveis ao couro, como cor básica, resistência à tração, impermeabilidade, maciez, flexibilidade, toque e elasticidade (PACHECO, 2005, p.21).

Na etapa do **pré-acabamento** acontece as operações físico-mecânicas (cavaletes / estiramento / secagem / impregnação), e aplica-se produtos à superfície

dos couros, como polímeros termoplásticos, manualmente ou por meio de máquinas específicas (CETESB, 2014, p.29).

O **acabamento final** tem como objetivo melhorar o aspecto final e conferir proteção ao couro. Nesta última etapa, basicamente, o couro passará por fenômenos físicos para a definição da superfície, tais como: cor, brilho, toque e resistências específicas; mas as características químicas não sofrem mais alteração (OLIVEIRA, 2008, p.19). A figura abaixo mostra os couros acabados com diferentes cores e tipos de acabamento.

Figura 8 – Couros acabados – Curtumeiros Franca-SP.

Fonte: AUTOR

2.2.2 Resíduos Sólidos oriundos das Indústrias Coureiro Calçadista e dos Curtumes Brasileiros

O Brasil é um grande produtor mundial de couros, com um dos maiores rebanhos bovinos do mundo, com uma produção de cerca de 42 milhões de peles de couros bovinos por ano, sendo que o mercado interno consome cerca de 20% dessa produção. Já no setor calçadista, existem 7,9 mil indústrias que produziram 877 milhões de pares de calçados no ano de 2015, sendo que as principais regiões produtoras de calçados no Brasil são o Nordeste (43,4%) e o Sul (32,3%). O valor da produção de calçados passou de R\$ 27 bilhões em 2014 (CICB, 2015).

O processo de curtimento do couro no Brasil requer diversos processos mecânicos e químicos de tratamento que, em condições de baixa eficiência, resultam em grande quantidade de efluentes – 15 a 25 m³ de efluente por quilograma de material cru processado – com altas concentrações de matéria orgânica e inúmeros

produtos químicos tóxicos, como o Cromo e Sulfato, que podem resultar em irritações na pele, olhos, e trato respiratório, além de cânceres, problemas neurológicos e mutagênicos (RODRIGUES et al, 2008).

A Figura 09 apresenta um balanço, com as principais entradas e saídas de materiais no processo produtivo convencional para a pele de couro bovino salgado, do curtimento ao cromo, até o produto final (base: uma tonelada de peles salgadas brutas). Esta figura ainda mostra que o processamento convencional de 1 t, ou 1.000 kg, de peles salgadas gera somente 150 a 300 kg de peles de couro acabadas, o que resulta em um rendimento médio de 25 % de todo o processo produtivo. Por outro lado, além de outras emissões, esse processo produtivo gera de 600 a 900 kg de resíduos sólidos (podendo chegar até cerca de 1.000 Kg), o que denota um potencial de impacto ambiental significativo (CETESB, 2014).

Figura 9 – Fluxos básicos principais de um curtume.

Notas: (1) DQO – demanda química de oxigênio e (2) DBO – demanda bioquímica de oxigênio: medem a quantidade de oxigênio necessária para a oxidação ou degradação química e bioquímica, respectivamente, de materiais oxidáveis presentes nos efluentes e, portanto, o potencial de desoxigenação de corpos d'água onde forem lançados; (3) SS – sólidos suspensos ou em suspensão.

Fonte: CETESB, 2014.

A figura acima ainda identifica os resíduos sólidos causados pelo processo produtivo, sendo que os de maior geração são: aparas não caleadas e caleadas,

carnaça, material curtido (farelo ou pó ou serragem de rebaixadeira e aparas / tiras curtidas) e lodos dos sistemas de tratamento dos efluentes líquidos. A tabela abaixo mostra ainda os principais resíduos sólidos gerados por etapa produtiva.

Tabela 1 – Principais resíduos sólidos gerados – distribuição pelas principais etapas geradoras.

Macro etapa do Processo	Etapa do Processo	Resíduos Gerados	
		Resíduo	kg / t
Ribeira	Pré-descarne e/ou Descarne	Carnaça	150 - 250
	Recortes e Divisão	Aparas não caleadas e caleadas	120 - 150
Acabamento	Rebaixamento e recortes c/ 50% de umidade	Serragem de rebaixadeira e aparas curtidas	80 - 150
ETE (1)	Decantação primária e secundária	Lodos primário e secundário c/ 20% de matéria seca	550

Fonte: CETESB, 2014.

Além destes resíduos, gerados no processo produtivo, há os lodos gerados no STAR (sistema de tratamento de águas residuais) ou na ETE (estação de tratamento de efluentes), em quantidade expressiva: 100 a 200 kg de matéria seca por tonelada de pele salgada processada. Considerando-se a concentração típica de 2% de matéria seca para lodos das saídas dos decantadores primário e secundário da ETE (homogeneizados), isto significa, em média, cerca de 5.500 kg lodo / t pele salgada ou 550 kg lodo / t pele salgada, se desaguado até 20% de matéria seca (concentração típica resultante de equipamentos de desaguamento de lodos, como centrífugas e mantas desaguadoras) (CLAAIS; MAIA, 1994 apud CETESB, 2014).

2.2.3 Resíduos Sólidos das Indústrias Coureiro Calçadista e dos Curtumes em Franca/SP

A cidade de Franca localiza-se no interior do estado de São Paulo e fica na divisa com o estado de Minas Gerais, possui 318.640 habitantes (IBGE, 2013), e é conhecida como a capital do calçado masculino, uma vez que a indústria coureiro

calçadista da cidade é voltada principalmente para a fabricação de calçado masculino e possui toda a estrutura produtiva, tratando-se de uma atividade relevante na economia da cidade.

Segundo o Sindicato da Indústria de Calçados de Franca (SINDIFRANCA, 2016), conhecido como SindiFranca, o polo de Franca possui 467 fábricas de calçados, de acordo com o levantamento mais recente, de 2011. No 2015, as indústrias calçadistas de Franca produziram 33 milhões de pares de calçado, sendo que 90,32 % dessa produção foi vendida para o mercado interno e o restante para o mercado externo, que foram exportados para os países: Estados Unidos, França, Colômbia, Arábia Saudita, Austrália, Reino Unido, Panamá, Bolívia, Chile, Canadá, Tailândia, África do Sul, Costa Rica, Nova Zelândia, Peru, Alemanha, Coreia do Sul, Japão, Espanha, entre outros (SINDIFRANCA, 2016).

A geração de resíduos sólidos de couro, em Franca, é proveniente tanto das indústrias de calçados quanto dos curtumes. Os principais resíduos sólidos gerados pelas indústrias de calçados se dão pelo corte (manual – Figura 10 -, por balancim – Figura 11 - ou por máquinas de corte a laser – Figura 12 -) das peças do calçado na pele de couro acabado, uma vez que são geradas sobras provenientes dos encaixes entre as peças, sendo ainda que as partes da pele de couro que possuem pequenos defeitos também são descartadas (em fabricação de calçados que exige alto padrão de acabamento), essas sobras são denominadas aparas de couro acaba (popularmente chamada de “retalho” – Figura 13).

Por sua vez as aparas de couro acabado com tamanhos maiores ainda são comercializados para as pequenas indústrias ou para indústrias que não exigem um alto nível de acabamento do calçado, e novamente são geradas sobras provenientes dos encaixes do corte das peças para fabricação do calçado, estes resíduos são denominados aparas de couro acabado ou retalhos (popularmente denominado). Na Indústria calçadista também é gerado outros resíduos como pó de lixadeira (Figura 14) e tecidos de forro.

Figura 10 – Corte manual.

Fonte: CORTE CALÇADOS.

Figura 11 – Corte por balancim.

Fonte: PORTAL TOL.

Figura 12 – Corte a laser.

Fonte: YOUTUBE.

Figura 13 – Aparas de couro acabado geradas pelo corte por balancim.

Fonte: AUTOR.

Figura 14 – Sapato em uma lixadeira.

Fonte: DEPOSITPHOTOS.

Já nos curtumes os principais resíduos sólidos gerados, que são enviados para o aterro, são as aparas de couro acabado (originado pelo corte das rebarbas do couro acabado com tesoura), serragem gerada pela rebaixadeira - Figura 15 - (essa máquina é utilizada para rebaixar a pele de couro, deixando-o na espessura ideal de acordo com a necessidade de sua utilização – calçado, bolsas, roupas, entre outros), farelo ou pó de couro.

Figura 15 – Serragem gerada pela rebaixadeira.

Fonte: AUTOR.

Franca gerou, no ano de 2014, 26.668,06 toneladas de resíduos industriais, sendo de 9.987,61 toneladas de resíduos provenientes das indústrias calçadistas e 16.680,45 toneladas de resíduos de curtumes, que vão para o aterro sanitário da cidade. De acordo com a tabela abaixo, observa-se que os resíduos industriais são responsáveis por cerca de 20% do total dos resíduos destinados ao aterro.

Tabela 2 – Total de resíduos, em toneladas, por tipo destinados ao aterro no ano de 2014.

Mês / Tp Res	Res. Sól. Urb.	Res. Sól. Limp. Urb.	Res. Sól. Z. Rural	Res. Cemit.	Res. Sól. Com.	Res. Serv. San.	Res. Curtumes	Res. Ind. Cal.	Total
Jan	7.047,83	48,75	202,51	31,00	579,63	2.380,34	820,07	639,11	11.749,24
Fev	5.990,78	75,65	151,96	33,60	403,62	2.153,42	1.405,42	1.024,56	11.239,01
Mar	6.302,46	62,14	166,30	32,68	306,86	2.436,17	1.283,28	837,82	11.427,71
Abr	6.315,31	53,43	161,77	33,10	368,65	113,11	1.447,90	968,68	9.461,95
Mai	6.256,29	45,47	146,74	28,19	460,16	89,21	1.317,11	940,39	9.283,56
Jun	5.899,44	72,72	144,55	20,30	299,93	135,05	1.115,93	780,53	8.468,45
Jul	6.304,01	95,59	142,79	23,99	426,49	186,60	1.378,58	781,69	9.339,74
Ago	6.155,49	95,21	142,49	33,13	472,97	3.490,14	2.095,66	694,31	13.179,40
Set	6.566,55	110,31	131,55	37,67	557,32	2.924,66	1.643,19	995,15	12.966,40
Out	6.515,43	129,21	126,37	35,56	547,15	2.747,87	1.498,59	914,63	12.514,81
Nov	6.316,49	37,11	144,20	32,76	456,89	1.873,79	1.295,74	692,53	10.849,51
Dez	7.654,14	40,83	181,91	55,19	447,64	2.753,36	1.378,98	718,21	13.230,26
TOTAL	77.324,22	866,42	1.843,14	397,17	5.327,31	21.283,72	16.680,45	9.987,61	133.710,04
%	57,83%	0,65%	1,38%	0,30%	3,98%	15,92%	12,48%	7,47%	100,00%

Fonte: BREDA, 2016, p.113.

Outro ponto observado na tabela anterior é que ao dividir o total de resíduo gerado no ano (133.710,04 toneladas) por 360 dias, resulta-se em uma média diária de 371, 41 toneladas por dia, quantidade quase 25% maior do a média diária estimada inicialmente (300 toneladas por dia), o que certamente reduzirá a vida útil do aterro que foi inicialmente estimada para 25 anos (BREDA, 2016, p.113).

A coleta e o transporte dos resíduos sólidos industriais de Franca são realizados por mais de 10 empresas credenciadas, e os valores referentes ao transporte são acordados e cobrados diretamente entre as empresas transportadoras e as indústrias (BREDA, 2016, p.117).

2.3 Reciclagem de Resíduos Sólidos e Inovação no Desenvolvimento de Novos Produtos

Sabe-se que todo processo econômico gera resíduos, e estes geralmente são considerados como inservíveis pela grande maioria da sociedade, porém os resíduos possuem, aproximadamente, 40% de materiais recicláveis, parte esta considerada atrativa econômica, energética ou ambientalmente (FIGUEIREDO 1994 apud MARIANO, 2008, p. 21).

A reciclagem de resíduos sólidos apresenta-se como uma alternativa viável para minimizar o impacto causado por sua disposição inadequada. Esse tema vem se tornando cada vez mais importante, pois além dos interesses ambientais e econômicos, começam a surgir legislações cada vez mais rígidas, no sentido de minimizar o descarte de resíduos sólidos, de forma a serem utilizados na produção de novos elementos. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (2010), por exemplo, evidencia que deve-se esgotar todas as possibilidades de reciclagem ou reutilização dos resíduos sólidos antes de seu descarte final.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (2010, p.01) ainda define reciclagem como sendo o processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sisnama (Sistema Nacional do Meio Ambiente) e, se couber, do SNVS (Sistema Nacional de Vigilância Sanitária do Brasil) e do Suana.

Vale ressaltar ainda que a Política Nacional de Resíduos Sólidos evidencia a diferença entre reciclagem e reutilização, lembrando que reciclagem é o processo de “transformação” do resíduo sólido, como dito anteriormente, e reutilização é o processo de “aproveitamento” dos resíduos sólidos sem sua transformação biológica física ou físico-química, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sisnama (Sistema Nacional do Meio Ambiente) e, se couber, do SNVS (Sistema Nacional de Vigilância Sanitária do Brasil) e do Suana (BRASIL, 2010, p.01).

O reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania, pressupõe a valorização do resíduo sólido sob diferentes variáveis. No plano

econômico, esse resíduo sólido (reutilizável e reciclável) apresenta uma via de mão dupla, onde os atores são beneficiados pela concessão de incentivos do poder público, e além disso a própria atividade desenvolvida gera ganhos das mais diferentes espécies, como por exemplo, a economia de matéria-prima e a projeção de produto ecologicamente correto no mercado (GUERRA, 2012, p. 111).

Sob a perspectiva social, Guerra (2012, p. 111) declara que:

O resíduo sólido reutilizável e reciclável assume um viés de comportamento social desejável que não está restrito a alguns poucos grupos da sociedade, mas sim a ela como um todo. [...] No que tange à geração de empregos e renda, é necessário compreender desde modo que o segundo (renda) é uma consequência lógica do primeiro (geração de emprego).

E por fim, no que se diz respeito à promoção da cidadania, primeiramente é necessário enfatizar que a cidadania depende de uma ação permanente dos cidadãos na coletividade, no acompanhamento e na própria direção dada às políticas públicas. E sabendo-se que o resíduo sólido (reutilizável e reciclável) é resultado da participação ativa dos vários segmentos da sociedade, nota-se que é correto atribuir aos cidadãos o condão de promover a cidadania, enquanto atividade participativa do indivíduo na vida em sociedade (GUERRA, 2012, p. 114).

A demanda por inovações em materiais, intensificada na década de 80, passou a ser atendida a partir da integração entre fatores ambientais, necessidades econômicas e desenvolvimento tecnológico, possibilitando importantes avanços.

Nas últimas décadas foi possível verificar que a busca por materiais ecologicamente corretos e que apresentam excelente desempenho no ambiente construído, tem crescido em todos os setores, impulsionando inclusive, o desenvolvimento de pesquisas.

A partir de várias pesquisas, foram desenvolvidos materiais conhecidos como biomateriais, ou ecomateriais, como por exemplo, telhas de fibras vegetais, tijolos feitos com “terra crua” e estruturas feitas com reaproveitamento de materiais recicláveis (SALADO, 2011).

Por exemplo, BALDAN (2014) em sua dissertação, comparou o desempenho do compósito polimérico constituído a partir do resíduo de poliuretano oriundo de atividades industriais, juntamente com a resina vegetal de mamona que foi sintetizada no Laboratório de Química Analítica e Tecnologia de Polímeros (GQATP – USP São Carlos) do Instituto de Química de São Carlos (IQSC-USP) e com fibras de vidro,

confeccionando placas utilizadas no sistema construtivo *steel frame* da construção civil. Com base em ensaios realizados, foi possível concluir que este material por apresentar excelentes resultados quanto ao seu desempenho térmico e acústico, pode ser amplamente indicado para utilização na construção civil.

Um exemplo das primeiras pesquisas sobre reciclagem dos resíduos gerados pelo processo de fabricação de peles de couro é a pesquisa de doutorado de Maragno (1999), intitulada “Solidificação de Lodo ao Cromo de Curtume em Matriz de Cimento”, que propôs um estudo sobre a utilização do lodo ao cromo na fabricação de peças para a construção civil, utilizando a técnica de solidificação em matriz de cimento para o tratamento do cromo presente no lodo. Para a realização desse estudo, confeccionou-se bloquetes, que, posteriormente, foram submetidos aos ensaios de solubilização múltipla, resistência mecânica à compressão e abrasão. O lodo ao cromo utilizado na confecção dos bloquetes, foi coletado no leito da secagem de uma das linhas de tratamento do Curtume Francouro, localizado em Franca, SP. Na tese de Maragno (1999), o método escolhido para o tratamento do cromo presente no lodo, foi o da solidificação em matriz de cimento Portland, um dos métodos mais utilizados para o tratamento de resíduos com elevadas concentrações de metais pesados tóxico, por ser um processo simples, de baixo custo e de alta eficiência (MELCHERT, 2012).

Os resultados do ensaio solubilização múltipla, realizado na pesquisa de Maragno (1999), permitem enquadrar as matrizes confeccionadas com lodo ao cromo na categoria de resíduos não perigosos inerte classe II B da NBR 10.004 (2004), ou seja, os corpos de prova moldados com os lodos atenderam ao limite de cromo presente no extrato estipulado pelas NBR 10.004 (2004). E com os resultados do ensaio de Resistência à Compressão Mecânica e Abrasão “Los Angeles”, realizados no trabalho de Maragno (1999), pode-se concluir que, embora as resistências à compressão dos bloquetes se encontraram abaixo do valor estipulado pela NBR 9781 (1987), de 35 MPa para solicitações normais de tráfego, os resultados dos bloquetes confeccionados com lodo ao cromo foram animadores, pois verificou-se uma tendência de crescimento da resistência com o tempo de cura. E os resultados obtidos pelo ensaio de Abrasão “Los Angeles” permitem concluir que, teoricamente, os bloquetes confeccionados com resíduos e o bloquete confeccionado sem resíduo apresentam o mesmo comportamento, uma vez que os resultados foram muito próximos. Portanto, a utilização de lodo ao cromo na confecção de bloquetes não

restringe a possibilidade de uso desses elementos em relação ao desgaste que apresentam (MARAGNO, 2015).

Outro exemplo de reciclagem de resíduo da fabricação de couro (processo de curtimento), é o Colágeno Gelificado Sustentável (Gelatina) que é extraído de serragens e aparas de *wet-blue* (resíduos sólidos classe I de curtumes) e utilizado para a confecção de pele humana artificial, desenvolvida por Joana D'arc Félix de Sousa, para ser utilizada em transplantes e testes farmacológicos.

Figura 16 – Extração de colágeno gelificado sustentável, sulfato de cromo III sustentável e/ou hidróxido de cromo sustentável de serragens e aparas de *wet-blue*.

Fonte: FÉLIX DE SOUSA, 2014.

No Brasil, o colágeno é extraído, industrialmente, de carnaças, sendo que apenas quatro empresas realizam este processo, fazendo com que o colágeno tenha um alto valor comercial. O colágeno gelificado sustentável (gelatina), foi analisado quimicamente e espectroscopicamente, evidenciando que o mesmo foi extraído com 100% de pureza (FÉLIX DE SOUSA, 2014).

O processo de transformação de peles suínas em pele humana artificial decorre em duas etapas, na primeira é realizada a purificação, posteriormente o processo a pele suína purificada apresenta duas camadas: epiderme e derme, na segunda etapa é efetuada a reposição de colágeno que foi perdido na purificação, após o processo os marcadores biológicos certificam que as matrizes de pele humana artificial são 100% compatíveis com a pele humana natural (FÉLIX DE SOUSA, 2014).

O colágeno gelificado sustentável coopera para que a matriz transplantada elimine os problemas de rejeição sem que seja colocado em risco o sistema imunológico do paciente transplantado. A pele humana artificial consegue recuperar

as funcionalidades da pele natural por ela ser um modelo que mimetiza a pele humana com toda estrutura de epiderme e derme. O emprego dessa derme poderá ser manipulado em queimaduras, recuperação de pele em pessoas afetadas por tumores, hérnias ou feridas com dificuldade na cicatrização (FÉLIX DE SOUSA, 2014).

No cenário brasileiro é importante demonstrar a eficiência desse tipo de tecnologia, e também sua viabilidade econômica, visto que os bancos de pele, provenientes de doadores humanos são raros. Segundo análises do colágeno gelificado sustentável, foi comprovado que o mesmo foi extraído com 100% de pureza. Na indústria o colágeno é extraído de carnaças, atualmente em nosso país, somente quatro empresas realizam este tipo de processo, fazendo assim com que o colágeno tenha um valor alto (FÉLIX DE SOUSA, 2014).

Figura 17 – Processos de purificação da pele suína para a obtenção de uma matriz limpa (pele suína purificada).

Fonte: FÉLIX DE SOUSA, 2014.

Figura 18 – Processos de reposição de colágeno e fechamento dos poros da matriz limpa (pele suína purificada) com colágeno gelificado sustentável (gelatina) para obtenção de uma matriz de pele humana.

Fonte: FÉLIX DE SOUSA, 2014.

Existe também algumas alternativas de reutilização dos resíduos de couro, como o recouro, onde o mesmo é obtido a partir da lavagem e aglutinação dos resíduos de couro com algum tipo de adesivo ou ligante polimérico. Para a fabricação e produção de couro reconstruído, o produto é preparado por um processo onde inicialmente é realizada a moagem, lavagem e secagem, depois a mistura em solução aquosa das fibras de couro com agente ligante, como o etileno-vinil acetato, e posteriormente essa mistura é transformada em um feltro que é seco e prensado sob temperatura suficiente para que haja fusão do ligante e acoplagem nas fibras de couro (AMBRÓSIO et al, 2009, p.2).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Estrutura Metodológica

A estrutura metodológica de desenvolvida para esta pesquisa foi realizada em quatro fases:

- **Primeira etapa:** Conceituação da Revisão Bibliográfica, moagem das aparas de couro curtido e caracterização do resíduo industrial oriundo da indústria coureiro calçadista de Franca-SP quanto a sua granulometria e potencial de contaminação;
- **Segunda etapa:** Incorporação da aparas de couro acabado moídas com o aglutinante (amido de milho), fungicida Busan 30 da marca BUCKMAN e água na temperatura de 30º graus para confecção dos blocos, e tempo de cura dos mesmos.
- **Terceira etapa:** Caracterização mecânicas, física, potencial de contaminação (analisando também a redução da periculosidade do resíduo sólido, em estudo, por meio da lixiviação em matriz de amido) e segurança contra fogo dos blocos confeccionados.
- **Quinta etapa:** Análise da viabilidade técnica da utilização dos blocos na construção civil de acordo com dados da literatura de materiais aplicados à construção civil.

3.2 Materiais

3.2.1 Resíduo Industrial de Aparas de Couro Acabado

O resíduo sólido de aparas de couro acabado utilizado nesta pesquisa foi cedido em forma de retalhos (nome popularmente conhecido das aparas de couro acabado) por uma banca de corte em balancim que fornece serviços terceirizados para as indústrias calçadistas de Franca-SP, e foi gerado pelo corte das peças de calçado em peles de couro acabado.

Figura 19 – Resíduo Industrial de aparas de couro.

Fonte: AUTOR.

3.2.2 Aglutinante

O aglutinante utilizado é o amido de milho, que é um polissacarídeo vegetal encontrado armazenado em raízes e sementes de plantas (no endosperma do centro do grão). Esse polissacarídeo se apresenta como um pó branco, fino, sem sabor e odor, composto por grânulos muito pequenos, esféricos ou ovóides cujos tamanhos e formas são características dependentes de cada variedade botânica (HOEPFNER, 2002).

O amido é um polímero relativamente simples composto de moléculas de D-glicose unidas entre si por dois tipos de ligações diferentes, independente da sua fonte botânica. Estruturalmente, o amido é formado por dois polissacarídeos, amilase e amilopectina, e a proporção de cada polissacarídeo presente na molécula depende da origem botânica do mesmo. A amilase, está presente em aproximadamente um quarto do polissacarídeo, é uma molécula essencialmente linear, na qual as ligações da glicose são unidas por ligações α -1,4. A amilopectina é o maior componente do amido, compreendendo cerca de 70% a 80%, e é uma molécula ramificada na qual aproximadamente 5% das unidades de glicose são unidas por ligações α -1,6, ligações que ocorrem aproximadamente, a cada 15 a 30 unidades de glicose da cadeia (WONG, 1995 apud DAUDT, 2012). A Figura 20 mostra a estrutura química da amilase (A) e da amilopectina (B).

Figura 20 – Estrutura da molécula linear de amilose (A), com ligações glicosídicas α -1,4 e da molécula ramificada de amilopectina (B), em que a união das ramificações ocorre por ligações glicosídicas na posição α -1,6 e as demais, por ligações α -1,4.

Fonte: TESTER; KARKALAS; QI, 2004.

A molécula de amilose, pode variar bastante na sua massa molecular dependendo da condição da extração e sua cadeia linear pode conter de 200 a 2000 unidades de glicose, apresentando forma helicoidal, que confere aos filmes e fibras uma estrutura mais elástica. Já a molécula de amilopectina, é altamente ramificada e suas ramificações podem apresentar de 20 a 30 unidades de glicose, é mais compacta dificultando a entrada de moléculas como as de água e enzimas (FRANCO, 2011).

Devido a sua grande versatilidade o amido é utilizado nos mais variados tipos de indústria. Por exemplo, na indústria de alimentos o amido é utilizado como matéria-prima, já na indústria papelreira o amido tem diversas funções, como melhorar a resistência do papel, auxiliar no refino, melhorar a lisura e a rigidez, aumentar à penetração de líquidos e evitar a formação de pó. O amido também possui propriedade adesiva, sendo utilizado como cola em papel adesivo, enfim, o amido está presente também em indústrias químicas, de resinas e plásticos, fármacos, têxtil, agroquímica, tintas e várias outras (FRANCO, 2011).

3.2.3 Água

Com a adição de água no amido de milho, e sob agitação constante a suspensão apresenta um aspecto leitoso, cujas partículas decantam após repouso. O

amido também é considerado um polímero de condensação, que são aqueles que se unem com a eliminação simultânea de moléculas de água ou outras pequenas moléculas de compostos que não farão parte do polímero. Diferentemente do poliuretano que em sua reação de condensação não há eliminação de moléculas.

A água utilizada na massa é a temperatura 30°C, uma vez que a aplicação de calor em uma suspensão de amido para o estado de pasta é acompanhada de grande aumento na viscosidade, devido ao inchamento dos grânulos e a resistência desses grânulos à dissolução pelo calor (FRANCO, 2011).

A geleificação ocorre durante o resfriamento de uma pasta, quando o polímero forma uma estrutura na forma de uma rede tridimensional. Na geleificação é possível distinguir duas etapas: a separação de fases (onde ocorre a segregação das moléculas formando uma rede tridimensional), e a cristalização ou retrodregadação (onde as cadeias de polímeros de gel se alinham para formar cristais, expulsando a água ou o solvente para fora).

3.2.4 Fungicida

Na composição da massa para a fabricação dos blocos a partir de aparas de couro acabado também é utilizado o fungicida Busan 30 da marca BUCKMAN, é necessária a aplicação de fungicida uma vez que o couro úmido contém níveis de nutrientes, umidade e pH que o tornam um ambiente perfeito para os esporos dos fungos. Eles se proliferam rapidamente, e o crescimento do mofo altera as propriedades físicas e químicas do couro, causando manchas e perda de qualidade. O Busan 30 é utilizado nos curtumes, sendo aplicado na etapa de píquel ou durante o curtimento, proporcionando uma proteção completa do *wet blue*, *wet white*, entre outros couros úmidos, durante o armazenamento e o transporte, e garante ainda a melhor base para o *crust* e o acabado.

3.3 Procedimentos experimentais realizados

Primeiramente foi realizado a moagem do resíduo industrial de aparas de couro acabado transformando-o em agregado reciclado. Posteriormente esse agregado reciclado foi classificado quanto ao seu potencial de contaminação e sua granulometria, para depois serem confeccionados os blocos e então realizados os

ensaios laboratoriais para sua classificação do bloco de vedação vertical sem função estrutural.

3.3.1 Transformação do resíduo industrial de aparas de couro em agregado reciclado

O processo de transformação do resíduo sólido industrial de aparas de couro acabado em agregado foi possível através de sua moagem.

O material foi moído no laboratório de polímeros do DEMa (Departamento da Engenharia de Materiais) da Universidade de São Carlos (UFSCar), o moinho é composto por facas internas e geralmente é utilizado na moagem de polímeros.

Figura 21 – Facas de corte do moinho

Fonte: AUTOR

Figura 22 – Moinho do laboratório de polímeros DEMa/UFSCar.

Fonte: AUTOR.

A peneira granulométrica utilizada na moagem, do resíduo de aparas de couro acabado, foi a com abertura de malha de 10 mm. A figura abaixo mostra o resíduo de aparas de couro acabado após a moagem.

Figura 23 – Agregado (aparas de couro acabado moída).

Fonte: AUTOR.

3.3.2 Classificações e caracterização do agregado reciclado

Após a moagem o agregado reciclado foi classificado quanto à sua granulometria e quanto ao potencial de contaminação, conforme os ensaios descritos a seguir.

3.3.2.1 *Granulometria do agregado*

Objetivo:

Determinar a composição granulométrica do agregado e módulo de finura.

Norma aplicada:

NM 248 (ABNT, 2003)

Laboratório onde foi realizado o ensaio:

Laboratório de Construção Civil (LCC), Instituto de Arquitetura e Urbanismo (IAU), Universidade de São Paulo (USP).

Procedimentos experimentais:

- As peneiras foram encaixados formando um único conjunto, com abertura de malhas em ordem crescente da base para o topo (fundo e peneira com malha de 0,15mm, 0,3 mm, 0,6mm, 1,2 mm, 2,4 mm, 4,8 mm e 6,3 mm);

- Foi colocado 300g (conforme a norma) de agregado reciclado sobre a peneira superior do conjunto, porém formou uma camada muito espessa de material na peneira, influenciando negativamente no resultado, por isso, posteriormente foi realizado outro ensaio colocando 200g de agregado reciclado;

Figura 24 – Peneiras para ensaio de granulometria.

Fonte: AUTOR.

- Na sequência, foi realizada a agitação mecânica do conjunto durante 10 minutos, possibilitando a separação prévia dos diferentes tamanhos de grãos da amostra;

Figura 25 – Agitação mecânica.

Fonte: AUTOR.

- Por fim, cada parte retida nas peneiras foi separada de acordo com o peneiramento.

Figura 26 – Resíduo retirado de cada peneira.

Fonte: AUTOR.

3.3.2.2 *Massa bruta do agregado*

Objetivo:

Classificar o resíduo sólido quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública.

Norma aplicada:

ABNT NBR 10.004/2004

Laboratório onde foi realizado o ensaio:

Laboratório Keller Ambiental, de Araraquara-SP, que possui o ensaio acreditados pela Cgcre/Inmetro (Coordenação Geral de Acreditação do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia).

Procedimentos experimentais:

O procedimento experimental utilizado foi conforme especificação da ABNT NBR 10.004/2004.

3.3.2.3 *Análise do extrato lixiviado do agregado*

Objetivo:

Determinar a capacidade de transferência de substâncias inorgânicas e orgânicas presentes no resíduo em estudo por meio de dissolução, para o meio ambiente.

Norma aplicada:

ABNT NBR 10.004/2004, NBR 10.005/2004 e NBR 10.007/2004

Laboratório onde foi realizado o ensaio:

Laboratório Keller Ambiental, de Araraquara-SP, que possui o ensaio acreditados pela Cgcre/Inmetro (Coordenação Geral de Acreditação do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia).

Procedimentos experimentais:

O procedimento experimental utilizado foi conforme especificação da ABNT NBR 10.005/2004.

3.3.2.4 *Análise do extrato solubilizado do agregado*

Objetivo:

Avaliar o potencial do resíduo em estudo de liberar seus componentes constituintes para água pura, quando se comparado ao padrão de potabilidade.

Norma aplicada:

ABNT NBR 10.004/2004, NBR 10.006/2004 e NBR 10.007/2004

Laboratório onde será realizado o ensaio:

Laboratório Keller Ambiental, de Araraquara-SP, que possui o ensaio acreditados pela Cgcre/Inmetro (Coordenação Geral de Acreditação do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia).

Procedimentos experimentais:

O procedimento experimental utilizado foi conforme especificação da ABNT NBR 10.006/2004.

3.3.3 Processo de confecção dos blocos

Para a produção dos blocos utilizou-se uma massa patenteada, patente número PI0403694-8 “técnicas de reciclagem de resíduos sólidos”, composta por resíduos de couro moído (aparas de couro acabado), sendo 40% de amido de milho em relação ao peso do resíduo, depois acrescenta-se água a 30°C e fungicida Busan 30 da marca Buckman, e após alguns minutos, se consegue uma massa que pode ser usada nas mais variadas formas, dependendo do equipamento, pode ser utilizado como placas, tijolos, revestimentos, e etc (PATENTES ONLINE, 2008).

Para a confecção de cada bloco foi utilizado 3Kg de agregado reciclado (aparas de couro acabado), aglutinante (40% de amido de milho em relação ao peso do resíduo), água a 30°C (100% de água em relação ao peso do resíduo) e fungicida Busan 30 da marca Buckman (1% de fungicida em relação ao peso do resíduo).

As etapas de manufatura dos blocos foram: a) Pesagem dos materiais; b) Mistura do agregado (aparas de couro acabado moída) com o aglutinante (amido de milho); c) Acrescentou-se água à 30°C na quantidade de 100%, com bactericida a 1%; d) A massa foi misturada (no misturador) por um período de 5 minutos; e) Prensada na máquina para confecção de bloco; f) Desformada e levada para ficar em tempo de cura, realizado durante 20 dias.

Os blocos foram confeccionados em Franca-SP, com os equipamentos construídos pelo arquiteto que desenvolveu a massa patentada.

Figura 27 – Misturador.

Fonte: AUTOR.

A prensa pneumática utilizada na confecção dos blocos, possui um pistão na parte inferior da forma que quando ativado, por compressor ligado ao equipamento, prensa a massa dentro da forma transformando a em bloco com dimensões 19X39X09 cm, com dois furos centrais no sentido vertical que permitem a passagem de tubulações hidráulicas e elétricas.

Figura 28 – Prensa pneumática.

Fonte: AUTOR.

Figura 29 – Desforma.

Fonte: AUTOR.

Figura 30 – Cura dos blocos.

Fonte: AUTOR.

3.3.3.1 *Ensaio mecânico de Resistência à compressão do bloco confeccionado*

Por falta de normatização sobre ensaios realizados em blocos confeccionados a partir do resíduo sólido de aparas de couro acabado, foram utilizadas as normatizações dos blocos vazados de concreto para realizar o ensaio de resistência à compressão.

Objetivo:

Determinar a resistência à compressão do bloco, que é a relação entre a carga de ruptura e a área bruta do corpo de prova quando submetido ao ensaio de compressão axial.

Norma aplicada:

ABNT NBR 6.136/2014 / NBR 12.118/2013

Laboratório onde foi realizado o ensaio:

Laboratório de Construção Civil (LCC), Instituto de Arquitetura e Urbanismo (IAU), Universidade de São Paulo (USP).

Corpos de prova:

Foram utilizados 6 blocos como corpos de prova, conforme solicita a norma.

Procedimentos Experimentais:

- Os blocos foram posicionados na prensa como seu centro de gravidade coincido com o eixo de carga da prensa;
- Aplicado tensão constante até seu rompimento.

Figura 31 – Corpos de prova.

Fonte: AUTOR.

Figura 32 – Ensaio de resistência à compressão.

Fonte: AUTOR.

3.3.3.2 Absorção em água do bloco confeccionado

Objetivo:

Determinar a relação entre a massa de água contida no bloco saturado e a massa do bloco seco em estufa até a constância de massa, expressa em porcentagem.

Norma aplicada:

ABNT NBR 6.136/2014 / NBR 12.118/2013

Laboratório onde será realizado o ensaio:

Laboratório de Construção Civil (LCC), Instituto de Arquitetura e Urbanismo (IAU), Universidade de São Paulo (USP).

Corpos de prova:

Foram utilizados 3 blocos como corpos de prova.

Procedimentos Experimentais:

- Primeiramente os 3 corpos de prova foram colocados na estufa, em uma temperatura de 50°C, durante 70 horas;

Figura 33 – Corpos de prova na estufa.

Fonte: AUTOR.

- Após a retirada da estufa, os corpos de prova foram pesados, anotando-se então a sua massa seca (m_1);

Figura 34 – Corpos de prova sendo pesados (massa seca).

Fonte: AUTOR.

- Posteriormente ao resfriamento natural (em contato com o ar) dos corpos de prova, os mesmos foram imersos em água à temperatura ambiente, mantendo-os imersos por 24 horas;

Figura 35 – Corpos de prova imersos em água.

Fonte: AUTOR.

- Ao retirar os corpos de prova da água removeu-se a água superficial visível com um pano úmido, anotando-se a sua massa saturada m_2 .

Figura 36 – Corpos de prova sendo pesados (massa saturada).

Fonte: AUTOR.

3.3.3.3 *Massa bruta do bloco confeccionado*

Objetivo:

Classificar o resíduo sólido quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública.

Norma aplicada:

ABNT NBR 10.004/2004

Laboratório onde foi realizado o ensaio:

Laboratório Keller Ambiental, de Araraquara-SP, que possui o ensaio acreditados pela Cgcre/Inmetro (Coordenação Geral de Acreditação do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia).

Procedimentos experimentais:

O procedimento experimental utilizado foi conforme especificação da ABNT NBR 10.004/2004.

3.3.3.4 *Análise do extrato lixiviado do bloco confeccionado*

Objetivo:

Determinar a capacidade de transferência de substâncias inorgânicas e orgânicas presentes no resíduo em estudo por meio de dissolução, para o meio ambiente.

Norma aplicada:

ABNT NBR 10.004/2004, NBR 10.005/2004 e NBR 10.007/2004

Laboratório onde foi realizado o ensaio:

Laboratório Keller Ambiental, de Araraquara-SP, que possui o ensaio acreditados pela Cgcre/Inmetro (Coordenação Geral de Acreditação do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia).

Procedimentos experimentais:

O procedimento experimental utilizado foi conforme especificação da ABNT NBR 10.005/2004.

3.3.3.5 Análise do extrato solubilizado do bloco confeccionado

Objetivo:

Avaliar o potencial do resíduo em estudo de liberar seus componentes constituintes para água pura, quando se comparado ao padrão de potabilidade.

Norma aplicada:

ABNT NBR 10.004/2004, NBR 10.006/2004 e NBR 10.007/2004

Laboratório onde será realizado o ensaio:

Laboratório Keller Ambiental, de Araraquara-SP, que possui o ensaio acreditados pela Cgcre/Inmetro (Coordenação Geral de Acreditação do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia).

Procedimentos experimentais:

O procedimento experimental utilizado foi conforme especificação da ABNT NBR 10.006/2004.

3.3.3.6 Flamabilidade do bloco confeccionado

Objetivo:

Determinar as características de queima, ou seja, mensurar a velocidade da combustão na placa em estudo e determinar suas características (inflamável ou auto extingüível).

Norma aplicada:

UL – 94 V: *Tests for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Applications (Vertikal Burning)*, 2001.

Laboratório onde será realizado o ensaio:

Laboratório Geossintéticos, Departamento de Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), Universidade de São Paulo (USP).

Corpos de prova:

2 corpos de prova com dimensões de 15 x 07 x 03 (cm).

Procedimentos experimentais:

- O corpo de prova foi posicionado verticalmente em relação à chama;

Figura 37 – Preparação do corpo de prova do ensaio de segurança contra incêndio – flamabilidade.

Fonte: AUTOR

- Em uma de suas extremidades, foi aplicada a chama durante 45 segundos, sendo observado o comportamento do corpo de prova;

Figura 38 – Aplicação da chama no corpo de prova.

Fonte: AUTOR

- O tempo entre a retirada da chama e auto extinção do fogo no corpo de prova (t_1) foi registrado;
- Após a extinção da chama, foi posicionado outro corpo de prova e aplicado a chama durante 45 segundos e registrado o tempo entre a retirada da chama e a auto extinção do fogo no corpo de prova (t_2).

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Após a moagem o agregado reciclado foi classificado quanto à sua granulometria e quanto ao potencial de periculosidade, conforme os ensaios laboratoriais descritos a seguir.

4.1 Resíduo industrial (aparas de couro acabado)

4.1.1 Granulometria

Através das determinações do módulo de finura e do diâmetro máximo, é possível caracterizar o material quanto a sua granulometria.

Segundo Neville (1982), o valor do módulo de finura é proporcional ao tamanho dos grãos do agregado, ou seja, quanto maior o módulo de finura, mais grosso é o agregado.

Já o diâmetro máximo característico corresponde à abertura nominal da malha da peneira na qual o agregado apresenta uma porcentagem retida acumulada menor ou igual a 5% em massa (HELENE; TERZIAN, 1992).

Tabela 3 – Resultado da composição granulométrica.

Determinação da Composição Granulométrica						
Série Normal e Série Intermediária - NBR NM 248/2001						
	Série Normal			Série Intermediária		
Peneira	M1 = 200 g		M2 = 200 g		Médias	
(mm)	M. Retida	% Retida	M. Retida	% Retida	% Retida	% R. Ac.
6.3	0,8	0,4	1,2	0,6	1	1
4.75	43	21,6	40,6	20,4	21	21
2.36	132,7	66,5	136,1	68,3	67	89
1.18	13,5	6,8	12,7	6,4	7	95
0.6	4,5	2,3	4,2	2,1	2	98
0.3	3,2	1,6	3,0	1,5	2	99
0.15	1,2	0,6	1,1	0,6	1	100
Fundo	0,6	0,3	0,4	0,2	0	100
Soma	199,5	100,0	199,3	100,0	100	602,8
Diâmetro máximo característico:					6.30 mm	
Módulo de finura:					5,02	

Fonte: AUTOR.

De acordo com os resultados de granulometria obtidos de diâmetro máximo característico, a ABNT NBR 7211/2009, classifica este agregado reciclado de aparas de couro (resíduo sólido industrial) como agregado graúdo, apresentando módulo de finura similar a brita zero (conforme ABNT NBR 7211/1983).

Tabela 4 – Classificação agregado graúdo.

Classificação agregado graúdo	Módulo de finura
brita 0	Entre 4,8 mm e 9,5 mm
brita 1	Entre 9,5 mm e 19,0 mm
brita 2	Entre 19,0 mm e 25 mm
brita 3	Entre 25,00 mm e 38,00 mm
brita 4	Entre 38,00 mm e 76,00 mm
brita 5	Maior que 76,00 mm

Fonte: ABNT NBR 7211/1983.

4.1.2 Massa bruta do agregado reciclado de aparas de couro acabado

A classificação dos resíduos sólidos envolve a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem e de seus constituintes e características e a comparação destes constituintes com as listagens e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido (consultar anexos A ou B da NBR 10.004/2004). A identificação dos constituintes a serem avaliados na caracterização do resíduo deve ser criteriosa e estabelecida de acordo com as matérias-primas, os insumos e o processo que lhe deu origem (NBR 10.004/2004).

Os parâmetros pesquisados na amostra bruta, para limites máximos de poluentes na massa bruta de resíduo sólido (os poluentes listados devem ser dosados no resíduo total e, se pelo menos um poluente estiver acima do limite máximo, o resíduo deve ser disposto em instalações adequadas) são utilizados para a classificação dos resíduos. Estes valores podem ser usados como parâmetros indicativos para a classificação de um resíduo sólido perigoso (OLIVEIRA, 2003).

O resultado de pH da massa bruta analisado foi de 6,80, conforme tabela 05 fornecida pelo laboratório Keller Ambiental (onde foi realizado o ensaio).

Tabela 5 – Resultado pH da massa bruta.

Parâmetro Método	Data Análise	Unidade	NBR 10004 - Classificação o de resíduo		LQ	Resultado
Parâmetros de Campo						
pH SMWW 22ª Edição 4500-H+	09/08/2017	---	2,5 - 12,5		2,0 - 13,0	6,80

Fonte: Laboratório Keller Ambiental.

No teste de massa bruta os valores das substâncias analisadas estão abaixo dos valores exigidos na maioria dos parâmetros, exceto os parâmetros do **Cromo Hexavalente** que teve o resultado de 891 mg/Kg, sendo que o valor máximo permitido é de 1 mg/Kg. Por isso o agregado reciclado de aparas de couro acabado (resíduo sólido industrial) foi classificado como **Perigoso - Classe I**, segue abaixo os resultados.

Tabela 6 – Resultado parâmetros da massa bruta.

Parâmetro Método	Data Análise	Unidade	NBR 10004 - Classificação o de resíduo		LQ	Resultado
Parâmetros Físico-químicos						
Cianeto Total Preparação: SMWW 22ª Edição, 2012, Método 4500CN B Determinação: SMWW 22ª Edição, 2012, Método 4500CN C	24/08/2017	mg/kg	250		1,0	< 1,0
Cromo Hexavalente * USEPA 3060 A rev.1:1996 / USEPA 6010 C rev.3:2007 / POPDAM161 vs.0:2014	<u>31/08/2017</u>	<u>mg/kg</u>	<u>1</u>		<u>0,15</u>	<u>891</u>
Líquidos Livres ABNT NBR 12988:1993	10/08/2017	---	Ausentes		Ausentes	Ausentes
Óleos e Graxas (solos e resíduos) ME 26, revisão 10	15/08/2017	mg/kg	---		10,0	92,07
Sulfeto ME 60, revisão 05	11/08/2017	mg/kg	500		10,0	< 10,0
Teor de umidade ---	16/08/2017	%	---		1,0	38,22

Fonte: Laboratório Keller Ambiental.

4.1.3 Análise do extrato lixiviado do agregado reciclado de aparas de couro acabado

O ensaio de análise do extrato lixiviado foi realizado para determinar a capacidade de transferência de substâncias inorgânicas e orgânicas presentes no resíduo em estudo por meio de dissolução, para o meio ambiente. Segue os resultados na tabela 07.

Tabela 7 – Resultado parâmetros da análise do extrato lixiviado.

Parâmetro Método	Data Análise	Unidade	NBR 10005 - Análise de extrato lixiviado		LQ	Resultado
Parâmetros Físico-químicos						
Bário Total Preparação: SMWW, 22ª Edição Método 3030D; Determinação: SMWW, 22ª Edição Método 3111D	23/08/2017	mg/L	70		0,07	0,165
Cádmio Total Preparação: SMWW 22ª Edição, 2012, Método 3030D Determinação: SMWW 22ª Edição, 2012, Método 3111B	23/08/2017	mg/L	0,5		0,001	< 0,001
Chumbo Total Preparação: SMWW 22ª Edição, 2012, Método 3030D Determinação: SMWW 22ª Edição, 2012, Método 3111B	23/08/2017	mg/L	1		0,005	0,342
Mercúrio Total SMWW 22ª Edição, 2012, Método 3112B	31/08/2017	mg/L	0,1		0,0001	0,0013
Arsênio Total SMWW 22ª Edição, 2012, Método 3114B	23/08/2017	mg/L	1,0		0,0001	< 0,0001
Cromo Total Preparação: SMWW, 22ª Edição Método 3030E; Determinação: SMWW, 22ª Edição Método 3113B	23/08/2017	mg/L	5		0,005	1,475
Fluoreto EPA 300.1:1999	30/08/2017	mg/L	150		0,5	< 0,5
Prata Total Preparação: SMWW, 22ª Edição Método 3030E; Determinação: SMWW, 22ª Edição Método 3113B	23/08/2017	mg/L	5		0,001	0,0043
Selênio Total Preparação: SMWW, 22ª Edição Método 3030E; Determinação: SMWW, 22ª Edição Método 3113B	23/08/2017	mg/L	1		0,005	< 0,005

Fonte: Laboratório Keller Ambiental.

Ao analisar o resultado do ensaio de lixiviação do agregado reciclado de aparas de couro acabado, observou-se que todos os parâmetros analisados estão dentro dos limites permitidos pela ABNT NBR 10.004/2004 de acordo com seu Anexo F.

4.1.4 Análise do extrato solubilizado do agregado reciclado de aparas de couro acabado

O ensaio de análise do extrato solubilizado foi realizado para avaliar o potencial do resíduo em estudo de liberar seus componentes constituintes para água pura, quando se comparado ao padrão de potabilidade. Segue os resultados na Tabela 08.

Tabela 8 – Resultado parâmetros da análise do extrato solubilizado.

Parâmetro Método	Data Análise	Unidade	Resíduo - NBR 10005 - Análise de extrato lixiviado		LQ	Resultado
Parâmetros Orgânicos						
1,1 - Dicloroetano Preparação: EPA 5021A revisão 02:2014 Determinação: EPA 8260C revisão 03:2006	27/08/2017	mg/L	3,0		0,002	< 0,002
1,2 - Dicloroetano Preparação: EPA 5021A revisão 02:2014 Determinação: EPA 8260C revisão 03:2006	27/08/2017	mg/L	1		0,02	< 0,02
1,3 - Hexaclorobutadieno Preparação: EPA 5021A revisão 02:2014 Determinação: EPA 8260C revisão 03:2006	27/08/2017	mg/L	0,5		0,00001	< 0,00001
1,4 - Diclorobenzeno Preparação: EPA 5021A revisão 02:2014 Determinação: EPA 8260C revisão 03:2006	27/08/2017	mg/L	7,5		0,002	< 0,002
2,4,5 - TP ME 91, revisão 04	28/08/2017	mg/L	1,0		0,0005	< 0,0005
2,4,5 - T ME 91, revisão 04	28/08/2017	mg/L	0,2		0,0005	< 0,0005
2 - Butanona Preparação: EPA 5021A revisão 02:2014 Determinação: EPA 8260C revisão 03:2006	27/08/2017	mg/L	200		0,025	< 0,025
2,4 - Dinitrotolueno Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	29/08/2017	mg/L	0,13		0,01	< 0,01
2,4 - D ME 91, revisão 04	28/08/2017	mg/L	3		0,00005	< 0,00005
2,4,5 - Triclorofenol Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	19/08/2017	mg/L	4000		0,001	< 0,001
2,4,6 - Triclorofenol Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	19/08/2017	mg/L	20		5,0	< 5,0
4,4' - DDD Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	19/08/2017	mg/L	0,2		0,01	< 0,01
4,4' - DDE Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	19/08/2017	mg/L	0,2		0,01	< 0,01
4,4' - DDT Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	19/08/2017	mg/L	0,2		0,005	< 0,005
Nitrobenzeno Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	19/08/2017	mg/L	2,0		0,01	< 0,01
Aldrin + Dieldrin Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	24/08/2017	mg/L	0,003		0,000005	< 0,000005
Clorobenzeno(Mono) Preparação: EPA 5021A revisão 02:2014 Determinação: EPA 8260C revisão 03:2006	27/08/2017	mg/L	100		0,002	< 0,002
Benzeno Preparação: EPA 5021A revisão 02:2014 Determinação: EPA 8260C revisão 03:2006	27/08/2017	mg/L	0,5		0,002	< 0,002
Benzo (a) pireno Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	19/08/2017	mg/L	0,07		0,000005	< 0,000005
Clordano (cis + trans) Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	24/08/2017	mg/L	0,02		0,000005	< 0,000005
Clordano (trans) Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	19/08/2017	mg/L	0,02		0,000005	< 0,000005
Cloreto de Vinila Preparação: EPA 5021A revisão 02:2014 Determinação: EPA 8260C revisão 03:2006	27/08/2017	mg/L	0,5		0,001	< 0,001
Clorofórmio Preparação: EPA 5021A revisão 02:2014 Determinação: EPA 8260C revisão 03:2006	27/08/2017	mg/L	6,0		0,002	0,05
Cresol (m) + Cresol (p) Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	19/08/2017	mg/L	400		0,00001	< 0,00001
gamma - BHC (Lindano) Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	19/08/2017	mg/L	0,2		0,0005	< 0,0005
Dieldrin Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	19/08/2017	µg/L	---		0,005	< 0,005
Endrin Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	19/08/2017	mg/L	0,06		0,000001	< 0,000001
Aldrin Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	19/08/2017	µg/L	---		0,005	< 0,005

Continua na próxima página...

Continuação da Tabela 08...

Heptacloro Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	19/08/2017	mg/L	0,003		0,005	< 0,005
Heptacloro Epóxido Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	19/08/2017	mg/L	0,003		0,005	< 0,005
Hexaclorobenzeno Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	19/08/2017	mg/L	0,12		0,001	< 0,001
Cresol (o) Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	19/08/2017	µg/L	200000		0,01	< 0,01
Clordano (cis) Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	19/08/2017	mg/L	0,02		0,000005	< 0,000005
Metoxicloro Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	19/08/2017	mg/L	2,0		0,005	< 0,005
Hexacloroetano Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	24/08/2017	mg/L	3,0		0,01	< 0,01
Pentaclorofenol Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	19/08/2017	mg/L	0,9		0,005	< 0,005
Piridina Preparação: EPA 5021A revisão 02:2014 Determinação: EPA 8260C revisão 03:2006	27/08/2017	mg/L	5,0		0,01	< 0,01
Tetracloro de Carbono Preparação: EPA 5021A revisão 02:2014 Determinação: EPA 8260C revisão 03:2006	27/08/2017	mg/L	0,2		0,001	< 0,001
Tetracloroetano Preparação: EPA 5021A revisão 02:2014 Determinação: EPA 8260C revisão 03:2006	27/08/2017	mg/L	4,0		0,005	1,66
Toxafeno Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	16/08/2017	mg/L	0,5		0,005	< 0,005
Tricloroetano Preparação: EPA 5021A revisão 02:2014 Determinação: EPA 8260C revisão 03:2006	27/08/2017	mg/L	7,0		0,005	< 0,005

Fonte: Laboratório Keller Ambiental.

Ao analisar o resultado do ensaio de extrato solubilizado do agregado reciclado de aparas de couro acabado, observou-se que a maioria dos parâmetros analisados estão dentro dos limites permitidos pela ABNT NBR 10.004/2004 de acordo com seu Anexo G, exceto os parâmetros do **Cianeto Total** que o resultado foi de 0,2029 mg/L, sendo que o valor máximo permitido é de 0,07 mg/L, **Fenol por colorimetria** que o resultado foi de 0,419 mg/L e o valor máximo permitido é de 0,01 mg/L, **Ferro Total** que o resultado foi de 1,090 mg/L e o valor máximo permitido é de 0,3 mg/L, **Cromo Total** que o resultado foi de 32,130 mg/L e o valor máximo permitido é de 0,05 mg/L, **Surfactantes** que o resultado foi de 9,407 mg/L e o valor máximo permitido é de 0,5 mg/L.

Devido os resultados de massa bruta e de solubilização que não foram satisfatórios, o agregado reciclado de aparas de couro acabado (resíduo sólido industrial) foi classificado como **Perigoso - Classe I**.

4.2 Bloco de vedação vertical, sem função estrutural, confeccionado com resíduo sólido industrial (aparas de couro acabado)

4.2.1 Resistência à compressão do bloco de vedação vertical, sem função estrutural, confeccionado com aparas de couro acabado

Os blocos foram confeccionados e deixados por um período de cura de 20 dias para a realização do ensaio de resistência à compressão. Os resultados obtidos constam na tabela abaixo.

Tabela 9 – Resultado ensaio de resistência à compressão.

CF Nº	Dimensões médias (mm)			Área de trabalho (mm ²)	Carga de ruptura		Tensão ruptura (MPa)
	L	A	C		TF	KN	
1	95	180	375	35625	6,12	60	1,7
2	100	185	375	37500	5,74	56	1,5
3	95	185	370	35150	6,04	59	1,7
4	95	185	370	35150	6,74	66	1,9
5	95	180	370	35150	5,72	56	1,6
6	95	185	370	35150	6,64	65	1,9
Média							1,7

Fonte: AUTOR.

A média obtida de resistência à compressão dos blocos de vedação vertical confeccionados com aparas de couro acabado (sem função estrutural) foi de **1,7 Mpa**. Como não existe normatização técnica para os blocos de vedação vertical, sem função estrutural, confeccionados com resíduo sólido de aparas de couro acabado, utilizou-se como referência duas normas existentes para blocos de vedação vertical: a NBR 6136/16 que define os parâmetros para bloco de concreto, e a NBR 15270-1/17 – Componentes cerâmicos – blocos e tijolos para alvenaria – Parte 1: Requisitos.

As duas normas estipulam que para blocos sem função estrutural a resistência à compressão necessita de no mínimo 3 Mpa, portanto o bloco de vedação vertical, sem função estrutural, confeccionado com aparas de couro acabado **não atingiu a resistência à compressão mínima necessária.**

Figura 39 – Requisitos para resistência característica à compressão, absorção e retração.

Classificação	Classe	Resistência característica à compressão axial ^a MPa	Absorção %				Retração ^d %
			Agregado normal ^b		Agregado leve ^c		
			Individual	Média	Individual	Média	
Com função estrutural	A	$f_{bk} \geq 8,0$	$\leq 9,0$	$\leq 8,0$	$\leq 16,0$	$\leq 13,0$	$\leq 0,065$
	B	$4,0 \leq f_{bk} < 8,0$	$\leq 10,0$	$\leq 9,0$			
Com ou sem função estrutural	C	$f_{bk} \geq 3,0$	$\leq 11,0$	$\leq 10,0$			
<div><div><div><div><div>^a</div><div>Resistência característica à compressão axial obtida aos 28 dias.</div></div><div><div>^b</div><div>Blocos fabricados com agregado normal (ver definição na ABNT NBR 9935).</div></div><div><div>^c</div><div>Blocos fabricados com agregado leve (ver definição na ABNT NBR 9935).</div></div><div><div>^d</div><div>Ensaio facultativo.</div></div></div></div></div>							

Fonte: ABNT NBR 6136/16.

Figura 40 – Especificação quanto à resistência mínima, absorção d'água e geometria.

Bloco para alvenaria racionalizada em parede vazada com vazados verticais				
Classe	f_b mínimo MPa	Absorção d'água %	Geometria

			Espessura mínima das paredes do bloco mm	
			Externa	Interna
VED30	3,0	8 a 21	7	6

Fonte: ABNT NBR 15270-1/17.

4.2.2 Absorção em água do bloco de vedação vertical, sem função estrutural, confeccionado com aparas de couro acabado

Foi analisado a absorção em água do bloco de vedação vertical, sem função estrutural, confeccionado com aparas de couro acabado que nada mais é que analisar a relação entre a massa de água contida do bloco saturado e a massa contida do bloco seco, em estufa, expressa em porcentagem.

Figura 41 – Determinação da absorção em água.

Determinação da Absorção em Água				
ABNT NBR 12.118/13				
m1 (bloco seco)		m1 (bloco saturado)		Absorção em água
Corpo prova	Peso (g)	Corpo prova	Peso (g)	%
1	248,3	1	616,1	148,13
2	256,2	2	646,4	152,30
3	237,1	3	592,4	149,85
Média				150,09

Fonte: AUTOR.

A média obtida de absorção em água do bloco de vedação vertical, sem função estrutural, confeccionado com aparas de couro acabado foi de **150,09%**. Como não existe normatização técnica para os blocos confeccionados com resíduo de couro utilizou-se como referência duas normas existentes: a NBR 6136/16 que define os parâmetros para bloco de concreto, e a NBR 15270-1/17 – Componentes cerâmicos – blocos e tijolos para alvenaria – Parte 1: Requisitos.

A norma NBR 6136/16 determina que os blocos sem função estrutural devem possuir no máximo 10% de absorção em água (Tabela 39). Já a norma NBR 15270-1/17 estipula que os blocos devem possuir de 8% a 21% de absorção em água (Tabela 40). Portanto o bloco de vedação vertical, sem função estrutural, confeccionado com aparas de couro acabado **não obteve resultados satisfatórios**.

4.2.3 Massa bruta do bloco de vedação vertical, sem função estrutural, confeccionado com aparas de couro acabado

Conforme citado anteriormente item 4.1.2, os parâmetros pesquisados na amostra bruta, para limites máximos de poluentes na massa bruta de resíduo (os poluentes listados devem ser dosados no resíduo total e, se pelo menos um poluente estiver acima do limite máximo, o resíduo deve ser disposto em instalações adequadas) são utilizados para a classificação dos resíduos. Estes valores podem ser usados como parâmetros indicativos para a classificação de um resíduo perigoso (OLIVEIRA, 2003).

O resultado de pH da massa bruta do bloco de vedação vertical, sem função estrutural, confeccionado com aparas de couro acabado foi de 6,00, conforme tabela abaixo fornecida pelo laboratório Keller Ambiental (onde foi realizado o ensaio).

Figura 42 – Resultado pH da massa bruta.

Parâmetro Método	Data Análise	Unidade	NBR 10004 - Classificação de resíduo	LQ	Resultado
Parâmetros de Campo					
pH SMWW, 22ª Edição, Método 4500H+B	30/01/2018	---	2,5 - 12,5	2,0 - 13,0	6,00

Fonte: Laboratório Keller Ambiental.

No teste de massa bruta todos os valores dos parâmetros analisados estão abaixo dos valores máximos exigidos pela norma. Por isso o bloco de vedação vertical, sem função estrutural, confeccionado com aparas de couro acabado foi classificado como **Não Perigoso, Não-Inerte - Classe II A**, segue abaixo os resultados.

Figura 43 – Resultado parâmetros da massa bruta.

Parâmetro Método	Data Análise	Unidade	NBR 10004 - Classificação de resíduo	LQ	Resultado
Parâmetros Físico-químicos					
Cianeto Total ME 06, revisão 14	06/02/2018	mg/kg	250	1,0	< 1,0
Cromo Hexavalente ME 82, revisão 05	19/02/2018	mg/kg	1	0,01	0,9212
Líquidos Livres ABNT NBR 12988:1993	19/02/2018	---	Ausentes	Ausentes	Ausentes
Óleos e Graxas (solos e resíduos) SMWW 22ª Edição, 2012, Método 5520D e E	19/02/2018	mg/kg	---	10,0	31,25
Sulfeto ME 60, revisão 05	02/02/2018	mg/kg	500	10,0	< 10,0
Teor de umidade ---	19/02/2018	%	---	1,0	11,64

Fonte: Laboratório Keller Ambiental.

4.2.4 Análise do extrato lixiviado do bloco de vedação vertical, sem função estrutural, confeccionado com aparas de couro acabado

Conforme citado anteriormente no item 4.1.3, o ensaio de análise do extrato lixiviado foi realizado para determinar a capacidade de transferência de substâncias inorgânicas e orgânicas presentes no resíduo em estudo por meio de dissolução, para o meio ambiente. Segue os resultados na tabela abaixo.

Figura 44 – Resultado da análise do extrato lixiviado.

Parâmetro Método	Data Análise	Unidade	NBR 10005 - Análise de extrato lixiviado	LQ	Resultado
Parâmetros Físico-químicos					
Bário Total Preparação: SMWW 22ª Edição, 2012, Método 3030D Determinação: SMWW 22ª Edição, 2012, Método 3111D	11/02/2018	mg/L	70	0,07	< 0,07
Cádmio Total Preparação: SMWW 22ª Edição, 2012, Método 3030D Determinação: SMWW 22ª Edição, 2012, Método 3111B	11/02/2018	mg/L	0,5	0,001	0,001
Chumbo Total Preparação: SMWW 22ª Edição, 2012, Método 3030D Determinação: SMWW 22ª Edição, 2012, Método 3111B	12/02/2018	mg/L	1	0,005	0,016
Mercúrio Total SMWW 22ª Edição, 2012, Método 3112B	08/02/2018	mg/L	0,1	0,0001	< 0,0001
Arsênio Total SMWW 22ª Edição, 2012, Método 3114B	11/02/2018	mg/L	1,0	0,0001	< 0,0001
Cromo Total Preparação: SMWW 22ª Edição, 2012, Método 3030D Determinação: SMWW 22ª Edição, 2012, Método 3113B	12/02/2018	mg/L	5	0,005	11,780
Fluoreto EPA 300.1:1999	09/02/2018	mg/L	150	0,5	< 0,5
Prata Total Preparação: SMWW, 22ª Edição Método 3030E; Determinação: SMWW, 22ª Edição Método 3113B	11/02/2018	mg/L	5	0,001	< 0,001
Selênio Total Preparação: SMWW, 22ª Edição Método 3030E; Determinação: SMWW, 22ª Edição Método 3113B	11/02/2018	mg/L	1	0,005	< 0,005
1,1 - Dicloroetano Preparação: EPA 5021A revisão 02:2014 Determinação: EPA 8260C revisão 03:2006	08/02/2018	mg/L	3,0	0,002	< 0,002
1,2 - Dicloroetano Preparação: EPA 5021A revisão 02:2014 Determinação: EPA 8260C revisão 03:2006	08/02/2018	mg/L	1	0,02	< 0,02
1,3 - Hexaclorobutadieno Preparação: EPA 5021A revisão 02:2014 Determinação: EPA 8260C revisão 03:2006	08/02/2018	mg/L	0,5	0,00001	< 0,00001
1,4 - Diclorobenzeno Preparação: EPA 5021A revisão 02:2014 Determinação: EPA 8260C revisão 03:2006	08/02/2018	mg/L	7,5	0,002	< 0,002
2,4,5 - TP ME 91, revisão 04	14/02/2018	mg/L	1,0	0,0005	< 0,0005
2,4,5 - T ME 91, revisão 04	14/02/2018	mg/L	0,2	0,0005	< 0,0005
2 - Butanona Preparação: EPA 5021A revisão 02:2014 Determinação: EPA 8260C revisão 03:2006	08/02/2018	mg/L	200	0,025	< 0,025
2,4 - Dinitrotolueno Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	12/02/2018	mg/L	0,13	0,01	< 0,01
2,4 - D ME 91, revisão 04	14/02/2018	mg/L	3	0,00005	< 0,00005
2,4,5 - Triclorofenol Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	20/02/2018	mg/L	4000	0,001	< 0,001

Continua na próxima página...

Continuação da Tabela 44...

2,4,6 - Triclorofenol Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	20/02/2018	mg/L	20	5,0	< 5,0
4,4' - DDD Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	20/02/2018	mg/L	0,2	0,01	< 0,01
4,4' - DDE Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	12/02/2018	mg/L	0,2	0,01	< 0,01
4,4' - DDT Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	20/02/2018	mg/L	0,2	0,005	< 0,005
Nitrobenzeno Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	20/02/2018	mg/L	2,0	0,01	< 0,01
Aldrin + Dieldrin Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	20/02/2018	mg/L	0,003	0,000005	< 0,000005
Clorobenzeno(Mono) Preparação: EPA 5021A revisão 02:2014 Determinação: EPA 8260C revisão 03:2006	08/02/2018	mg/L	100	0,002	< 0,002
Benzeno Preparação: EPA 5021A revisão 02:2014 Determinação: EPA 8260C revisão 03:2006	08/02/2018	mg/L	0,5	0,002	< 0,002
Benzo (a) pireno Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	20/02/2018	mg/L	0,07	0,000005	< 0,000005
Clordano (cis + trans) Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	20/02/2018	mg/L	0,02	0,000005	< 0,000005
Clordano (trans) Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	20/02/2018	mg/L	0,02	0,000005	< 0,000005

Fonte: Laboratório Keller Ambiental.

Ao analisar o resultado do ensaio de lixiviação do bloco de vedação vertical, sem função estrutural, confeccionado com aparas de couro acabado, observou-se que todos os parâmetros analisados estão dentro dos limites permitidos pela ABNT NBR 10.004/2004 de acordo com seu Anexo F, portanto o **resultado foi satisfatório**.

4.2.5 Análise do extrato solubilizado do bloco de vedação vertical, sem função estrutural, confeccionado com aparas de couro acabado

Conforme citado anteriormente no item 4.1.4, o ensaio de análise do extrato solubilizado foi realizado para avaliar o potencial do resíduo em estudo de liberar seus componentes constituintes para água pura, quando se comparado ao padrão de potabilidade. Segue os resultados na tabela 45.

A solidificação é uma tecnologia que utiliza aditivos ou processo para alterar o estado físico do resíduo, facilitando o seu manuseio, o acondicionamento, o transporte e a disposição final do mesmo, tornando-o menos tóxico por imobilização física e/ou química dos seus constituintes (MARAGNO, 2015).

Figura 45 – Resultado da análise do extrato solubilizado.

Parâmetro Método	Data Análise	Unidade	NBR 10006 - Análise de extrato solubilizado	LQ	Resultado
Parâmetros Físico-químicos					
Alumínio Total Preparação: SMWW, 22ª Edição Método 3030D; Determinação: SMWW, 22ª Edição Método 3111D	12/02/2018	mg/L	0,2	0,1	< 0,1
Arsênio Total SMWW 22ª Edição, 2012, Método 3114B	11/02/2018	mg/L	1,0	0,0001	0,0008
Bário Total Preparação: SMWW 22ª Edição, 2012, Método 3030D Determinação: SMWW 22ª Edição, 2012, Método 3111D	11/02/2018	mg/L	0,7	0,07	0,098
Fluoreto EPA 300.1:1999	09/02/2018	mg/L	1,5	0,5	< 0,5
Cádmio Total Preparação: SMWW 22ª Edição, 2012, Método 3030D Determinação: SMWW 22ª Edição, 2012, Método 3111B	11/02/2018	mg/L	0,005	0,001	< 0,001
Cianeto Total Preparação: SMWW 22ª Edição, 2012, Método 4500CN B Determinação: SMWW 22ª Edição, 2012, Método 4500CN C	09/02/2018	mg/L	0,07	0,002	< 0,002
Fenóis totais Preparação: SMWW 22ª Edição, 2012, Método 5530C Determinação: SMWW 22ª Edição, 2012, Método 5530B e C	12/02/2018	mg/L	0,01	0,002	2,274
Ferro Total Preparação: SMWW 22ª Edição, 2012, Método 3030D Determinação: SMWW 22ª Edição, 2012, Método 3111B	12/02/2018	mg/L	0,3	0,03	0,472
Cloreto Total ME 07, revisão 11	09/02/2018	mg/L	250	0,5	141,75
Cobre Total Preparação: SMWW 22ª Edição, 2012, Método 3030D Determinação: SMWW 22ª Edição, 2012, Método 3111B	11/02/2018	mg/L	2	0,009	< 0,009
Chumbo Total Preparação: SMWW 22ª Edição, 2012, Método 3030D Determinação: SMWW 22ª Edição, 2012, Método 3111B	12/02/2018	mg/L	0,01	0,005	0,011
Cromo Total Preparação: SMWW 22ª Edição, 2012, Método 3030D Determinação: SMWW 22ª Edição, 2012, Método 3113B	12/02/2018	mg/L	0,05	0,005	0,192
Manganês Total Preparação: SMWW, 22ª Edição Método 3030D; Determinação: SMWW, 22ª Edição Método 3111B	11/02/2018	mg/L	0,1	0,01	0,062
Nitrato EPA 300.1:1999	09/02/2018	mg/L	10	0,5	< 0,5
Surfactantes SMWW 22ª Edição, 2012, Método 5540C	07/02/2018	mg/L	0,5	0,05	0,488
Sulfato Total ME 48, revisão 10	09/02/2018	mg/L	250	0,5	202,75
Prata Total Preparação: SMWW, 22ª Edição Método 3030E; Determinação: SMWW, 22ª Edição Método 3113B	11/02/2018	mg/L	0,05	0,001	< 0,001
Selênio Total Preparação: SMWW, 22ª Edição Método 3030E; Determinação: SMWW, 22ª Edição Método 3113B	11/02/2018	mg/L	0,01	0,005	0,0054
Sódio ASTM D6919-06:2009	09/02/2018	mg/L	---	0,2	298,652
Mercurio Total SMWW 22ª Edição, 2012, Método 3112B	13/02/2018	mg/L	0,001	0,0001	< 0,0001
Zinco Total Preparação: SMWW 22ª Edição, 2012, Método 3030D Determinação: SMWW 22ª Edição, 2012, Método 3111B	11/02/2018	mg/L	5	0,1	< 0,1
2,4 - D ME 91, revisão 04	14/02/2018	mg/L	0,03	0,002	< 0,002
2,4,5 - T ME 91, revisão 04	14/02/2018	mg/L	200	0,001	< 0,001
2,4,5 - TP ME 91, revisão 04	14/02/2018	mg/L	0,03	0,005	< 0,005
4,4' - DDE Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	09/02/2018	µg/L	2	0,001	< 0,001
4,4' - DDT Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	09/02/2018	µg/L	2	0,005	< 0,005
4,4' - DDD Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	09/02/2018	µg/L	2	0,001	< 0,001
Aldrin Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	09/02/2018	µg/L	---	0,005	< 0,005

Continua na próxima página...

Continuação da Tabela 45...

Aldrin + Dieldrin Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	15/02/2018	µg/L	0,03	0,005	< 0,005
Clordano (trans) Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	09/02/2018	mg/L	0,0002	0,000005	< 0,000005
Dieldrin Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	09/02/2018	µg/L	---	0,005	< 0,005
Heptacloro Epóxido Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	09/02/2018	µg/L	2	0,005	< 0,005
Endrin Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	09/02/2018	mg/L	0,0006	0,000001	< 0,000001
Clordano (cis) Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	09/02/2018	mg/L	0,0002	0,000005	< 0,000005
Clordano (cis + trans) Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	15/02/2018	mg/L	0,0002	0,000005	< 0,000005
gamma - BHC (Lindano) Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	09/02/2018	µg/L	2	0,0005	< 0,0005
Heptacloro Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	09/02/2018	µg/L	0,03	0,005	< 0,005
Hexaclorobenzeno Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	09/02/2018	µg/L	1	0,001	< 0,001
Metoxicloro Preparação: EPA 3535A revisão 01:2007 Determinação: EPA 8270D revisão 05:2014	09/02/2018	µg/L	20	0,005	< 0,005
Toxafeno * USEPA 8081 B rev. 02:2007 POPDAM071 vs. 11:2015	20/02/2018	µg/L	---	0,01	< 0,01

Fonte: Laboratório Keller Ambiental.

Ao analisar o resultado do ensaio de extrato solubilizado do bloco de vedação vertical, sem função estrutural, confeccionado com aparas de couro acabado, observou-se que a maioria dos parâmetros analisados estão dentro dos limites permitidos pela ABNT NBR 10.004/2004 de acordo com seu Anexo G, exceto os parâmetros dos **Fenóis totais** que o resultado foi de 2,274 mg/L e o valor máximo permitido é de 0,01 mg/L, **Ferro Total** que o resultado foi de 0,472 mg/L e o valor máximo permitido é de 0,3 mg/L, **Cromo Total** que o resultado foi de 0,192 mg/L e o valor máximo permitido é de 0,05 mg/L.

Portanto, de acordo com a norma, o resultado do extrato solubilizado do bloco de vedação vertical, sem função estrutural, confeccionado com aparas de couro acabado, **não foi satisfatório**.

4.2.6 Flamabilidade do bloco de vedação vertical, sem função estrutural, confeccionado com aparas de couro acabado

Para realizar o ensaio de flamabilidade do bloco de vedação vertical, sem função estrutural, confeccionado com aparas de couro acabado, foi mantida uma chama

durante 45 segundos na superfície do material, e assim que a chama foi retirada o fogo se extinguiu instantaneamente.

Portando, de acordo com a norma, o bloco de vedação vertical, sem função estrutural, confeccionado com aparas de couro acabado foi **classificado como autoextinguível**.

5 CONCLUSÕES

Os resultados de classificação do potencial de contaminação do agregado reciclado de aparas de couro (resíduo sólido industrial) foi de Perigoso - Classe I. Considerando que, o processo de curtimento do couro utilizado para confecção dos blocos de vedação vertical em estudo, é o processo de curtimento mineral (metálico), já era esperado que o mesmo possuísse elevada quantidade de substâncias poluentes. Portanto o resultado do extrato lixiviado do agregado reciclado de aparas de couro (resíduo sólido industrial) obteve um resultado satisfatório em relação do que se era estimado, uma vez que foi o único ensaio laboratorial de potencial de contaminação do agregado reciclado de aparas de couro acabado (resíduo sólido industrial), que os parâmetros estavam de acordo com os limites estabelecidos pela norma NBR 10.004/2004.

Posteriormente a caracterização do agregado reciclado de aparas de couro acabado, foi confeccionado o bloco de vedação vertical (sem função estrutural) de acordo com a patente “técnicas de reciclagem de resíduos sólidos” número PI0403694-8. Após a confecção dos blocos bloco de vedação vertical (sem função estrutural) foram realizados os ensaios laboratoriais para sua classificação quanto as propriedades mecânicas (resistência à compressão), físicas (absorção em água), potencial de contaminação (lixiviação e solubilização) e segurança contra o incêndio (flamabilidade).

O resultado do potencial de contaminação do bloco de vedação vertical, sem função estrutural, confeccionado com o agregado reciclado de aparas de couro acabado foi insatisfatório em relação as exigências da norma. Uma vez que o mesmo obteve classificação Não Perigoso, Inerte – Classe II B, e para utilização deste bloco de vedação vertical (sem função estrutural) na construção civil, é necessário que o mesmo obtivesse a classificação Não Perigoso, Não Inerte – Classe II A.

Porém o fato do bloco de vedação vertical, sem função estrutural, confeccionado com o agregado reciclado de aparas de couro acabado obter a classificação Não Perigoso, Inerte – Classe II B, permite que o mesmo seja utilizado como matéria prima para a confecção de novos materiais, abrindo possibilidades de futuras pesquisas utilizando esse material como matéria prima. Abre ainda possibilidades de novas pesquisas de lixiviação do rejeito classificado como Perigoso

– Classe I em matriz de amido de milho, já que, na construção civil, normalmente se utiliza matriz de cimento.

Quanto ao ensaio de resistência à compressão simples, os blocos, em estudo, analisados apresentaram resistência à compressão de 1,7 Mpa, de acordo com o ensaio realizado, não atendendo à norma NBR 15270-1/17 e à norma NBR 6136/16, que possuem especificações de resistência à compressão de no mínimo 3 Mpa para os blocos de cerâmico/concreto não estruturais de vedação vertical.

O ensaio de absorção em água, realizado no bloco de vedação vertical, sem função estrutural, confeccionado com o agregado reciclado de aparas de couro acabado, resultou em uma média de 150,09% de absorção. Sendo que a norma NBR 6136/16 determina que os blocos sem função estrutural devem possuir no máximo 10% de absorção em água (Tabela 39). Já a norma NBR 15270-1/17 estipula que os blocos devem possuir de 8% a 21% de absorção em água (Tabela 40). Portanto o resultado de absorção em água do bloco de vedação vertical (sem função estrutural) em estudo excedeu os níveis de absorção em água determinados pelas normas.

Devido aos resultados de resistência à compressão e absorção em água não atingirem as especificações das normas em análise, abre-se uma oportunidade de novos estudos analisando técnicas para aumentar a resistência à compressão do bloco de vedação vertical (sem função estrutural) em estudo, e para reduzir a resistência à compressão do mesmo.

Ainda, foi realizado o ensaio de flamabilidade (segurança contra incêndio) do bloco em estudo. Onde o mesmo obteve resultado satisfatório, sendo classificado como auto extingüível. Porém a fumaça exalada, devido a queima do material, não foi analisada por escassez de local para a realização desse ensaio.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6488:** Componentes de construção – Determinação da condutância e transmitância térmica – Método da caixa quente protegida, 1980.

_____. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004:** Resíduos sólidos - classificação. 2004a.

_____. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10005:** Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos. 2004b.

_____. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10006:** Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. 2004c.

_____. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10007:** Amostragem de resíduos sólidos. 2004d.

_____. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575:** Edificações habitacionais: Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

_____. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220:** Desempenho Térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

AGOPYAN, V.; JOHN, V. M. **O desafio da Sustentabilidade na Construção Civil.** São Paulo, 2014.

ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C 351 – 922b:** Standard Test Method for Mean Specific Heat of Thermal Insulation, 1999.

AMBROZEWCZ, P. H. L. **Materiais de Construção:** Normas, Especificações, Aplicação e Ensaio de Laboratório, 1ª edição, 2012, 457p.

AMBRÓSIO, J. D.; COSTA, L. C.; MARINELLI, A. L.; OTAGURO, H.; CONTADOR JR, O. **Desenvolvimento de compósito de couro reciclado com termoplásticos em extrusora com rosca simples.** Anais 10º Congresso Brasileiro de Polímeros. Foz do Iguaçu, PR. 2009.

AZEVEDO, P. F. **Relatório para o Fórum de Competitividade da Cadeia Produtiva de Couro e Calçados.** Brasília, DF: Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior/Programa de Estudos dos Negócios do Sistema Agroindustrial, 2002. Disponível em: <
<http://www.feb.unesp.br/renofio/producao%20limpa/Van/Couro/estudopensaccouroForumCompetitividadeCouroCalçado.pdf>>. Acesso em 25/08/2017.

BALDAN, V. J. S. **Desenvolvimento e Caracterização de Placas Poliméricas Produzidas a partir da Reciclagem do Resíduo Industrial de Poliuretana Termofixa**. São Carlos, SP, 2015.

BOFF, L. **Sustentabilidade**. O que é – o que não é. Petrópolis, RJ, 2015.

BRASIL. República Federativa do Brasil. LEI nº 12.305 de 02 de agosto de 2010 regulamentada pelo Decreto nº 7.404/2010 de 23 de dezembro de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, DF, 2010.

BREDA, F. A. **Proposta de uma modelo de gestão de resíduos industriais para o setor calçadista de Franca-SP com vistas à Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Tese (doutorado) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto (FEA-RP), Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, SP, 2016, 270p.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Guia Técnico Ambiental de Curtumes**. 2ª edição. 2014.

CLAAIS, I. C.; MAIA, R. A. M. **Manual básico de resíduos industriais de curtume**. Porto Alegre, SENAI/RS. 1994.

CÓRDOBA, R. E. **Estudo do potencial de contaminação de lixiviados gerados em aterros de resíduos da construção civil por meio de simulações em colunas de lixiviação**. 2014. 340p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, Departamento de Hidráulica e Saneamento, São Carlos, SP. 2014.

CORTE CALÇADOS. Disponível em: <<http://cortecalcados.blogspot.com/>>. Acesso em 06/05/2019.

DAUDT, R. M. **Estudo das propriedades do amido de pinhão visando a sua utilização como excipiente farmacêutico**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS. 2012.

DEPOSITPHOTOS. **Sapateiro, um sapato em uma lixadeira de suavização-gráficos de vetor**. Disponível em: <<https://br.depositphotos.com/154445756/stock-video-cobbler-smoothing-a-shoe-at.html>>. Acesso em 06/05/2019.

+FÉLIX DE SOUSA, J. D. **Peles, Couro, e Resíduos**: os curtumes no Brasil. Apostila 2009).

FIGUEIREDO, P. J. M. **A Sociedade do Lixo: os Resíduos, a Questão Energética e a Crise Ambiental**. Piracicaba, SP, Editora ENIMEP, 1994.

FRANCA. **Cidade - Dados**, 2014, <http://www.franca.sp.gov.br/portal/cidade-dados.html>, acesso em 13/09/2014.

GUERRA, S. – **Resíduos sólidos**: comentários à Lei 12.305/2010, Rio de Janeiro, RJ, 2012.

HOEPFNER, E. M. ***Fiedler encyclopedia of excipients for pharmaceuticals, cosmetic and related areas***. 5ª ed. Aulendorf: Editio Cantos, 2v. 2002.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades**, 2013, <http://ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?lang=&codmun=351620&search=sao-paulo|franca|infograficos:-dados-gerais-do-municipio>, acesso em 11/04/2016.

LEBEIS, V. D. L. – **Viabilidade do uso do resíduo da fabricação de papel em argamassas**, UNICAMP, 2003.

LEITE, W. C. A. **Estudo da gestão de resíduos sólidos: uma proposta de modelo tomando a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI-5) como referência**. 1997. 270p. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Carlos, SP, 1997.

MARIANO, L. S. **Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil com Reaproveitamento Estrutural**: Estudo de Caso de uma obra de 4.000m². Dissertação do Departamento de Hidráulica e Saneamento, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR, 2008.

MARTINS, J. C. **Guia orientativo para atendimento à ABNT NBR 15575/2013**, 2013, 301 p.

MATOS, J. L. **Informações da sociedade sobre os resíduos sólidos originados da construção civil e seus impactos na saúde e meio ambiente / Belo Horizonte-MG**, Monografia do Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia UFMG, Belo Horizonte, MG, 2011, 61 p.

MARAGNO, A. L. F. C. **Solidificação de lodo ao cromo de curtume em matriz de cimento**. São Carlos, 1999. 1666p., + ANEXOS Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

MERICO, L. F. K. **A transição para a Sustentabilidade**. São Paulo, 2014.

MOREIRA, M. V.; TEIXEIRA, R. C. **Estado da arte tecnológico em processamento do couro**: revisão bibliográfica no âmbito internacional. Porto Alegre: Centro Nacional de Tecnologias Limpas, 2003. 242p. (Projeto de Desenvolvimento Sustentável da Indústria do Couro MG e no RS).

NOGUEIRA, J. R. **Reciclando cinzas**: estudo de viabilidade para produção de blocos para a construção civil a partir da cinza volante residual de um reator de leito fluidizado, 2011.

NÚCLEO DE ESTUDO E PESQUISA EM RESÍDUOS SÓLIDOS – NEPER. In: CASTRO, M. A. S.; CORDOBA, R. E.; SCHALCH, V. Org. **Tratamento de resíduos sólidos urbanos** (apostila), São Carlos, SP: SHS/EESC/USP, 2014. 120p.
PACHECO, J. W. F. Curtumes. Série P+L. São Paulo: CETESB, 2005. 76p.

OLIVEIRA, L. T. **Incorporação de resíduo de curtume em artefatos cerâmicos**: Uma alternativa para redução de Passivo Ambiental. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Campo Grande, 2008. 100p.

PATENTES ONLINE. **Processo de obtenção de aglomerado a base de raspa de wet blu e retalhos de couro**, 2000, <http://www.patentesonline.com.br/processo-de-obten-o-de-aglomerado-a-base-de-raspa-de-wet-blu-e-retalhos-de-couro-94025.html>, acesso em 11/04/2016.

PATENTES ONLINE. **Técnica de reciclagem de resíduos sólidos**, 2008. Disponível em: <http://www.patentesonline.com.br/t-cnica-de-reciclagem-de-res-duos-s-lidos-41029.html#adsense1>>. Acesso em 11/04/2016.

PORTAL TOL. **Estillus facas – corte em balancim**. Disponível em: <http://videos.tol.pro.br/portal/video/v-WrZ9L0k93iE/Estillus%20Facas%20-%20CORTE%20EM%20BALANCIM>>. Acesso em 06/05/2019.

RORIZ BIOCLIMÁTICA. **ZBBR: Zoneamento Bioclimático do Brasil**, 2014, <http://www.roriz.eng.br>

SACHT, H. M. **Painéis de Vedação de Concreto Moldados In Loco**: Avaliação de Desempenho Térmico e Desenvolvimento de Concretos, São Carlos, SP, 2008, 229p.

SALADO, G. C. **Painel de vedação vertical de tubos de papelão: estudo, proposta e análise de desempenho**. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Carlos. São Carlos, 2011.

SEBRAE. **Couroecol produz blocos e tijolos de resíduos de couro em Franca**, 2012, <http://sustentabilidade.sebrae.com.br/Sustentabilidade/Not%C3%ADcias/Couro-ecol-produz-blocos-e-tijolos-de-res%C3%ADduos-de-couro-em-Franca>

SILVA, A. L. R. T. **Avaliação da Resistência Mecânica de Argamassas de Cimento Portland Contendo Serragem de Couro Tratada em Meio Ácido**, São Carlos: UFSCAR, 2006, 82 p.

SIMIÃO, J. **Gerenciamento de resíduos industriais em uma empresa de usinagem sobre o enfoque da Produção mais Limpa**. São Carlos, 2011.

SINDIFRANCA – SINDICATO DA INDÚSTRIA DE CALÇADOS DE FRANCA, 2016, informações enviadas pelo e-mail comunicacao@sindifranca.org.br em 21/03/2016.

SOUZA, J. A. **Diário da Franca: CETESB autoriza produção de bloco ecológico**, 2011, <http://www.diariodafranca.com.br/conteudo/noticia.php?noticia=30956&categoria=7>

TACHARD, A. L. R. S. **Avaliação da resistência mecânica de argamassas de cimento Portland contendo serragem de couro tratada em meio ácido**. São Carlos: UFSCar, 2006, 82p.

TACHIZAWA, T. **Gestão ambiental e responsabilidade social corporativa: estratégias de negócios focada na realidade brasileira**. São Paulo: Atlas, 2002.

WONG, D. W. S. **Química de los alimentos: Mecanismos y teoría**. Zaragoza: Acribia. 476 p. 1995.

YOUNG, P.; BYRNE, G.; COTTERELL, M. Manufacturing and the environment. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v.13, n.7, p.488-493, jul. 1997.

YOUTUBE. **Calçados – Laser Corte Automático com Scanner CCD + Impressão Couro – Welttec**. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=40klu5qIVn4>>. Acesso em 06/05/2019.