

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta
tese será disponibilizado somente
a partir de 05/02/2023.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP

“Júlio de Mesquita Filho”

Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Materiais – POSMAT

João Carlos dos Santos Canhada

**“PRODUÇÃO DE CONCRETO COM RESÍDUOS SÓLIDOS DE CURTUMES
TIPO “WET BLUE” A PARTIR DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE
AGREGADO MIÚDO”**



PRESIDENTE PRUDENTE
2021

João Carlos dos Santos Canhada

**“PRODUÇÃO DE CONCRETO COM RESÍDUOS SÓLIDOS DE CURTUMES
TIPO “WET BLUE” A PARTIR DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE
AGREGADO MIÚDO”**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Materiais, área de concentração CARACTERIZAÇÃO DE MATERIAIS, sob a orientação do Prof. Dr. RENIVALDO JOSÉ DOS SANTOS e coorientação do Prof. Dr. FERNANDO SÉRGIO OKIMOTO.

PRESIDENTE PRUDENTE
2021

C222p

Canhada, João Carlos dos Santos

Produção de concreto com resíduos sólidos de curtumes tipo “wet blue” a partir da substituição parcial de agregado miúdo / João Carlos dos Santos Canhada. -- Presidente Prudente, 2021 81 p. : tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente

Orientador: Renivaldo José dos Santos

Coorientador: Fernando Sérgio Okimoto

1. Raspa de couro. 2. Concreto. 3. Cromo. 4. Agregado natural. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



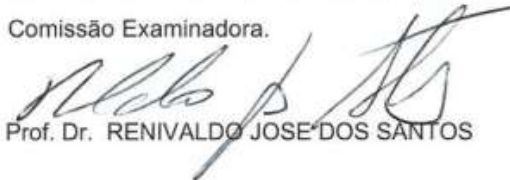
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Bauru



ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE Mestrado de JOÃO CARLOS DOS SANTOS CANHADA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATERIAIS, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS - CÂMPUS DE BAURU.

Aos 05 dias do mês de fevereiro do ano de 2021, às 14:00 horas, por meio de Videoconferência, realizou-se a defesa de DISSERTAÇÃO DE Mestrado de JOÃO CARLOS DOS SANTOS CANHADA, intitulada **PRODUÇÃO DE CONCRETO COM RESÍDUOS SÓLIDOS DE CURTUMES TIPO "WET BLUE" A PARTIR DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE AGREGADO MIÚDO**. A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Prof. Dr. RENIVALDO JOSE DOS SANTOS (Orientador(a) - Participação Virtual) do(a) Curso de Engenharia de Energia / Campus Experimental de Rosana, Prof. Dr. ELTON APARECIDO PRADO DOS REIS (Participação Virtual) do(a) Toledo / Toledo Centro Universitário, Profa. Dra. ANA MARIA PIRES (Participação Virtual) do(a) Departamento de Química e Bioquímica / UNESP/Câmpus de Presidente Prudente. Após a exposição pelo mestrando e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, o discente recebeu o conceito final: APROVADO . Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.


Prof. Dr. RENIVALDO JOSE DOS SANTOS

*Dedico este trabalho a toda minha família,
especialmente aos meus pais, por serem o alicerce
de todas as minhas conquistas.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por tornar possível a realização de mais um sonho, a obtenção do Título de Mestre.

A minha família sem a qual jamais conseguiria estar aqui hoje. Especialmente minha mãe e meu pai, Rosimeire e João Canhada, por não medirem esforços para estarem sempre ao meu lado. Aos meus irmãos, Juliana, Fernando e André Canhada que sempre me deram o suporte necessário para seguir nos momentos mais difíceis. Aos meus Tios(as), pelo carinho e por me ajudarem a tornar mais amenos alguns momentos.

Ao meu grande Orientador e Amigo, Prof Dr Renivaldo José dos Santos, pela confiança dada a mim, acreditando no meu potencial durante esse período e ao meu Co-orientador, Prof. Dr. Fernando Sérgio Okimoto, por todo auxílio prestado.

As minhas amigas Luana Passianoto e Gabriela Tolosa, pela amizade construída e todos os momentos que compartilhamos juntos.

Aos Técnicos do Departamento de Química da FCT/UNESP – Presidente Prudente-SP, Sidney e Dr. Gabriel Shinohara, pela paciência, responsabilidade e prontidão durante a realização do ensaio de lixiviação.

Ao Eng. Ederson Del Castilho, por toda orientação e acompanhamento durante os cálculos e execuções dos traços de concreto.

Aos meus dois grandes amigos, Eng. Marco Antonio Perez e Marco Antônio Pedroso, pelo auxílio logístico da coleta do resíduo utilizado.

À Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE), e aos técnicos do Laboratório de Construção Civil, por cederem seu espaço para confecção dos traços de concreto.

Às empresas Jomane e SETEC, da cidade de Presidente Prudente-SP, por cederem seus equipamentos de análise.

Ao Curtume Touro LTDA, de Presidente Prudente-SP, por fornecer o resíduo utilizado e se disponibilizar a patrocinar as calçadas do novo Laboratório de Resíduos da FCT-UNESP, com o concreto desenvolvido.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

CANAHDA, J. C. S. **Produção de concreto com resíduos sólidos de curtumes tipo “wet blue” a partir da substituição parcial de agregado miúdo.** 2021. 81f. Dissertação (Mestre em Ciência e Tecnologia de Materiais) – Unesp, Faculdade de Ciência e Tecnologia de Presidente Prudente, 2021.

RESUMO

A produção de couro é uma tecnologia que impulsiona a economia devido à sua versatilidade e durabilidade. No entanto, os resíduos gerados ao longo do processo podem se tornar classificados como tóxicos devido à elevada concentração de cromo, derivado do processo de curtimento, em que o agente curtente mais empregado no mercado é o cromo (Cr(III)). Neste trabalho, foram avaliados o efeito da incorporação das raspas de couro micronizada nas propriedades mecânicas e físicas do concreto, bem como a possibilidade de neutralização da toxicidade do cromo existente nesse resíduo. O agregado natural (areia) foi parcialmente substituído pela rassa de couro, na ordem de 5% e 10%. Para caracterizar as propriedades mecânicas (resistência à compressão, tração por compressão diametral), físicas (massa específica, índice de vazios e absorção de água) e morfológicas dos concretos, foram avaliadas amostras de 7, 14 e 28 dias. A lixiviação foi realizada para determinar quanto de cromo é liberado pelo compósito. Observou-se que a trabalhabilidade do concreto reduziu drasticamente à medida que a quantidade de resíduo era inserida, sendo assim, fez-se necessário a adição de um aditivo superplastificante para torná-lo trabalhável e viável. Para as propriedades físicas, o índice de vazios e absorção de água, ambos foram melhorados ao se adicionar o aditivo superplastificante. Os resultados da microscopia eletrônica de varredura indicaram a dispersão das fibras de couro na matriz de cimento. O ensaio de lixiviação demonstrou que a liberação de cromo é menor que $5\mu\text{g/mL}$, valor estabelecido pela norma ABNT NBR 10.004/2004. Os resultados experimentais destacam a capacidade e potencialidade de utilização do concreto com raspas de couro, tanto como concreto estrutural ou não estrutural dentro da construção civil. Sendo assim, confeccionou-se as calçadas do novo laboratório de resíduos da FCT/UNESP – Presidente Prudente com 3 m^3 do C10A traço 2.

Palavras-Chave: Rassa de couro, Concreto, Cromo, Agregado Natural.

CANAHD, J. C. S. **Production of concrete with solid tannery type "wet blue" residues using partial replacement of fine aggregate.** 2021. 81f. Dissertation (Master in Materials Science and Technology) – Unesp, University of Science and Technology of Presidente Prudente, 2021.

ABSTRACT

Leather production is a technology that propels the economy due to its versatility and durability. However, the waste generated during the process might be classified as toxic due to the high concentration of chromium derived from the tanning process where the tanning agent most used in the market is the chromium (Cr+3). Hence, in this project, the effects on the mechanical and physical properties of the concrete composite with leather shavings incorporated in it were evaluated, as well as the possibility of neutralizing the toxicity of the chromium in this residue. The natural aggregate was partially replaced by leather scraps, in the order of 5% and 10%. To characterize the mechanical, physical and morphological properties of the concrete, samples of 7, 14 and 28 days were analyzed. Leaching test was performed to determine the efficiency of chromium encapsulation in the cement matrix. It was noted that the workability of the concrete reduced significantly as the dosage rate of the leather shavings increased, therefore, it was necessary to add the superplasticizer additive to make it workable and viable. It was observed a decrease in the mechanical properties of the samples with and without additives. For the physical properties, both the void ratio and water absorption were improved by adding the superplasticizer additive. The results of the scanning electron microscopy indicated a satisfactory interaction between the leather fibers and the cement matrix. The leaching test demonstrated that the release of chromium is lower than 5µg/mL, value established by the standard ABNT NBR 10.004/2004. The experimental results highlight the capacity and potential of using concrete with leather scraps, both as structural or non-structural concrete within civil construction. Thus, 3 m³ of the new composite were used in the sidewalk of the Laboratory of Residues of FCT -UNESP – Presidente Prudente.

Keywords: leather waste, concrete, chromium, natural aggregate

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIACÕES

%	Porcentagem
°C	Graus Celsius
ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
a/c	Fator Água/Cimento
Art.	Artigo
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
NBR	Norma Técnica
C5	Concreto com Adição de 5% de Raspa de Couro
C10	Concreto com Adição de 10% de raspa de Couro
C5A	Concreto com Adição de 5% de Raspa de Couro e Aditivo Superplastificante
C10A	Concreto com Adição de 10% de Raspa de Couro e Aditivo Superplastificante
CE	Comitês de Estudos
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
cm ³	Centímetros Cúbicos
CP II Z 32	Cimento Portland Composto com Pozolana, e Resistência de 32
CP II F 40	Cimento Portland Composto por Fíler, e Resistência de 40 megapascal
CP	Corpo de Prova
C _{s/c}	Concreto sem couro
Cr(III)	Cromo trivalente
Cr(VI)	Cromo hexavalente

DNER-ME	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
F_{ck}	Resistência à Compressão Axial Simples
g	Gramas
h	Horas
ISO	Organização Internacional para Padronização
Kg	Quilograma
LTDA	Limitada
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
mm	Milímetros
m^3	Metros Cúbicos
MF	Módulo de Finura
MPa	Mega pascal
mL	Mililitro
nm	Nanômetro
n°	Número
pH	Potencial Hidrogeniônico
SP	São Paulo
t	Toneladas
μm	Micrômetro

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Processo de geração de resíduos	9
Figura 2 – Etapas do processo de curtimento	16
Figura 3 – Micronizador e resíduo de couro em fibras e micronizado.....	25
Figura 4 – Procedimento de execução do ensaio abatimento do tronco.....	32
Figura 5 - Execução do ensaio de resistência à compressão	33
Figura 6 – Execução do ensaio de resistência à tração por compressão diametral.	35
Figura 7 – Balões volumétricos com as amostras prontas para leitura	38
Figura 8 – Curva de calibração.....	39
Figura 9 – Execução do ensaio lixiviação, CP inteiro.....	40
Figura 10 – Execução do ensaio lixiviação, CP rompido.....	41
Figura 11 – Processo de oxidação para Cr(IV) das amostras	42
Figura 12 - Leitura das amostras obtidas.....	42
Figura 13 – Granulometria da areia.....	44
Figura 14 – Granulometria da brita	46
Figura 15 – Ação do aditivo superplastificante na trabalhabilidade do concreto.....	49
Figura 16 - Resistência à compressão do traço 1 (a/c 0,5)	50
Figura 17 – Resistência à compressão do traço 2 (a/c 0,6)	52
Figura 18 - Resistência à tração por compressão diametral dos CPs do traço 1 a/c 0,5	54
Figura 19 - Resistência à tração por compressão diametral dos CPs do traço 2 a/c 0,6	54
Figura 20 - Absorção de água das amostras	55
Figura 21 - Índice de vazios das amostras.....	55
Figura 22 – MEV das amostras confeccionadas com couro.....	58
Figura 23 - Calçadas confeccionadas com C10A.....	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais resíduos sólidos gerados em cada etapa do processo (Kg materiais / t pele salgada).....	18
Tabela 2 – Limites de composição do cimento Portland (porcentagem de massa).....	21
Tabela 3 - Propriedades físicas dos agregados, miúdo e graúdo	43
Tabela 4 -Ensaio de granulometria da brita 1	44
Tabela 5 - Ensaio de granulometria da brita 1	45
Tabela 6 - Composição (kg/m ³) do Traço 1.....	47
Tabela 7 - Composição (kg/m ³) do Traço 2.....	47
Tabela 8 - Abatimento do tronco (slump test).....	48
Tabela 9 - Classes de consistência do concreto	49
Tabela 12 - Elevação em porcentagem da absorção de água e índice de vazios.....	56
Tabela 13 – Classificação da durabilidade do concreto	56
Tabela 14 – Massas específicas (g/cm ³)	57
Tabela 15 - Concentração de cromo nas amostras de couro.....	59
Tabela 16 - Liberação de cromo total, ensaio proposto 1.....	61
Tabela 17 - Liberação de cromo total, ensaio proposto 2.....	61
Tabela 18 - Composição de 3 m ³ de C10A.....	64
Tabela 19 - Propriedades do concreto C10A usinado	65
Tabela 20 - Liberação de cromo total do concreto C10A usinado	65

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
1.1 Justificativa	11
1.2 Estrutura do Trabalho	11
2. OBJETIVOS.....	12
2.1 Objetivo geral	12
2.2 Objetivos específicos	12
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
3.1 Resíduo	13
3.2 Fabricação do couro	15
3.2.1 Ribeira	15
3.2.2 Curtimento.....	16
3.2.3 Acabamento.....	16
3.3 Serragem de couro	17
3.3.1 Reutilização.....	18
3.4 Concreto.....	20
3.4.1 Cimento	20
3.4.2 Agregados.....	21
3.4.3 Aditivo.....	22
4. MATERIAIS E MÉTODOS	24
4.1 Resíduo de couro	24
4.2 Caracterização dos agregados	25
4.2.1 Granulometria e módulo de finura	25
4.2.2 Massa específica dos agregados	26
4.3 Estudo da dosagem do concreto.....	29
4.3.1 Traço 1.....	29
4.3.2 Traço 2.....	30
4.3.3 Moldagem dos corpos de prova (CP).....	30
4.3.4 Aditivo superplastificante	31
4.4 Estudo do concreto no estado fresco (abatimento do tronco).....	31
4.5 Estudo do concreto no estado endurecido.....	32
4.5.1 Resistência à compressão	32
4.5.2 Resistência à tração por compressão diametral	34
4.5.3 Índices físicos	35

4.5.4 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).....	36
4.5.5 Digestão da amostra de couro	36
4.5.6 Ensaio de lixiviação	39
4.5.6.1 Proposta 1	40
4.5.6.2 Proposta 2	41
4.5.6.3 Preparação para análise de cromo total	41
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
5.1 Agregados	43
5.2 Dosagem	46
5.3 Estudo do comportamento do fresco.....	48
5.4 Estudo do comportamento do concreto endurecido.....	50
5.4.1 Resistência à compressão axial.....	50
5.4.2 Resistência à tração por compressão diametral.....	54
5.4.3 Índices físicos – índice de vazios, absorção de água e massas específicas....	55
5.4.4 Estudo morfológico	58
5.4.5 Digestão do Couro	59
5.4.6 Lixiviação dos CPs	61
7. APLICAÇÃO	64
6. CONCLUSÃO.....	66
7. PERSPECTIVAS	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68

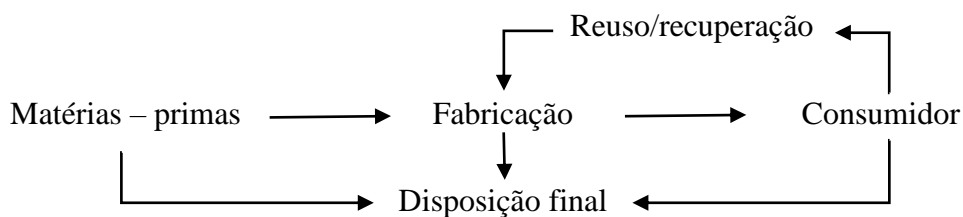
1. INTRODUÇÃO

O crescimento exponencial da população em paralelo com o desenvolvimento econômico, proporcionou a instabilidade ambiental devido à falta de planejamento para se lidar com os resíduos gerados durante os processos industriais.

De acordo com CONAMA, Resolução nº 313/2002, Art. 1º [1], considera-se resíduo sólido industrial:

Todo resíduo de atividades industriais e que se encontre nos estados sólidos, 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.

O Figura 1, simplifica as etapas de geração de resíduos sólidos [2].



Fonte: Pinto (2005)

Figura 1 – Processo de geração de resíduos

Analisando a Figura 1, pode-se subdividir os resíduos sólidos em duas categorias, os gerados no processo produtivo e aqueles pós-consumo. Dentro deste contexto a indústria de couro que utiliza cromo como agente curtente, é responsável pela produção de resíduos sólidos em larga escala, sendo estes classificados como perigosos (classe I), segundo ABNT NBR 10.004/2004 [3]. Em específico, é gerada a serragem ou raspa de couro oriunda da uniformização da espessura da manta de couro, resíduo que representa um problema ambiental devido à presença de sais de cromo trivalente (Cr(III)) e dificuldade de usar métodos adequados de descarte ou reciclagem, pois ocupa um volume significativo em aterros sanitários [4, 5, 6]. Caso haja o descarte de maneira inadequada, o ambiente que este se encontra pode favorecer sua oxidação de Cr(III), material considerado estável, para Cr(VI), altamente móvel, tóxico e nocivo à saúde [7].

Atualmente há vários trabalhos que adicionam resíduos provenientes das indústrias no concreto, que é o material mais utilizado na construção civil, visando a

redução do impacto ambiental, tanto no descarte final desses resíduos quanto na redução de recursos não renováveis (agregados e cimento) [8,9,10].

Santos *et al.* [11] demonstraram a eficiência da utilização de resíduos gerados por diversos setores da indústria para fabricação de novos compósitos. Os autores elaboraram um compósito feito a partir da serragem de couro e borracha natural. Esse compósito se mostrou eficiente no encapsulamento do cromo e para confecção de bolsas e sapatos. Aguiar *et al.* [12], adicionaram resíduos de couro em blocos cerâmicos e constataram que o encapsulamento do cromo gera um decréscimo das propriedades mecânicas, porém mesmo com a perda de resistência provou-se a viabilidade da substituição de até 1% de argila pelo couro.

Zaetang *et al.* [13], reaproveitaram resíduos de demolição provenientes da construção civil para substituir agregados naturais. Observaram ganho de resistência mecânica e de abrasão da superfície, pois a rugosidade destes propiciaram melhor aderência com a pasta de cimento. Lu *et al.* [14], utilizaram dois tipos de resíduos como agregado reciclado, de vidro e de construção na matriz cimentícia. Os resultados mostraram uma queda na resistência mecânica, devido a superfície lisa do vidro, já o concreto produzido com agregado de concreto reciclado teve uma queda na condutividade térmica, oferecendo uma opção alternativa para divisórias ou blocos de isolamento térmico.

Segundo Cunha Junior [15], o setor da construção civil é responsável pela maior parte do consumo de recursos naturais no âmbito mundial, o que ressalta a importância de pesquisas realizadas no meio acadêmico com fomento de órgãos públicos ou em parcerias com empresas privadas. Esses trabalhos visam a diminuição do uso de tais recursos finitos e a reutilização de materiais que são considerados sem mais utilização para o fim dos quais foram projetados, gerando novos compósitos e enobrecendo a sustentabilidade dentro da construção civil.

A sustentabilidade no setor construtivo pode ser definida como a utilização cautelosa de recursos naturais, suprimindo a necessidade da população atual, respeitando as necessidades de uso e de consumo da geração futura, ou seja, é uma maneira inteligente de produzir sem provocar a escassez dos recursos naturais [16]. O processo de reutilização consiste na recuperação de dejetos, introduzindo-os em novos ciclos produtivos. Tal alternativa torna-se viável quando se evidencia a necessidade de redução de consumo de recursos naturais não renováveis. A aceitação desses compósitos é favorável, sempre que,

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BRASIL, Resolução CONAMA nº313, Art. 1º, de 29 de outubro de 2002. Gestão de resíduos e produtos perigosos – tratamento. Publicada no DOU nº 226, de 22 de novembro de 2002.
- [2] PINTO, C. A. Estudo da estabilização por solidificação de resíduos contendo metais pesados. 229f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2005.
- [3] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10.004 – Resíduos sólidos: Classificação. Rio de Janeiro, 2004.
- [4] URREGO YEPES, W. et al. Mechanical and rheometric properties of natural rubber composites filled with untreated and chemically treated leather wastes. *Journal of Composite Materials*, v. 53, n. 11, p. 1475-1487, 2019.
- [5] MENDES, V. R. V. et al. Evaluation of Incorporation of a Leather Waste Powder in Mortars for Construction Industry. In: *Materials Science Forum*. Trans Tech Publications, 2015. p. 558-563
- [6] RIBEIRO, D. V.; YUAN, S. Y.; MORELLI, M. R. Influence of Addition of Chemically Treated Leather Shaving in the Portland Cement Mortars Characteristics. In: *Materials Science Forum*. Trans Tech Publications, 2012. p. 1402-1407.
- [7] BINI, C.; MALECI, L.; ROMANIN, A. The chromium issue in soils of the leather tannery district in Italy. *Journal of Geochemical Exploration*, v. 96, n. 2, p. 194-202, 2008.
- [8] MODRO, N.L.R. et al. Avaliação de Concreto de Cimento Portland Contendo Resíduos de PET. *Revista Matéria*. v. 14, n. 1, p. 725-736, 2009
- [9] KACHOUH, N.; EL-HASSAN, H.; EL-MAADDAWY, T. Effect of steel fibers on the performance of concrete made with recycled concrete aggregates and dune sand. *Construction and Building Materials*, v. 213, p. 348-359, 2019
- [10] LIU, Z. et al. Experimental study of the geopolymeric recycled aggregate concrete. *Journal of Materials in Civil Engineering*, v. 28, n. 9, p. 04016077, 2016.
- [11] SANTOS, R. J. et al. Recycling leather waste: preparing and studying on the microstructure, mechanical, and rheological properties of leather waste/rubber composite. *Polymer Composites*, v. 36, n. 12, p. 2275-2281, 2015.

-
- [12] AGUIAR, J. L. et al. Incorporation feasibility of leather residues in bricks. *Key Engineering Materials Vols. 206-213 (2002) pp 2005-2008*, 2015.
- [13] ZAETANG, Yuwadee et al. Properties of pervious concrete containing recycled concrete block aggregate and recycled concrete aggregate. *Construction and Building Materials*, v. 111, p. 15-21, 2016.
- [14] LU, J. X. et al. Sustainable design of pervious concrete using waste glass and recycled concrete aggregate. *Journal of Cleaner Production* v. 234, p 1102 – 1112, 2019.
- [15] CUNHA JUNIOR, N. A Certificação verde no setor da construção civil: os benefícios da implementação da gestão e uso eficiente da água. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental), 136f. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 2012.
- [16] DA SILVA BARBOSA, U. et al. Reutilização do concreto como contribuição para a sustentabilidade na construção civil. *Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro*, v. 2178, p. 6925, 2018.
- [17] BRASIL. Lei nº 12.305, Art. 3º, inciso XVI, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, 2010.
- [18] ABRELPE, Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2018/2019*, 2019.
- [19] 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. 86f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia). Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, 2019.
- [20] MATOS, João Paulo Cavalcante et al. Gerenciamento de Resíduos Sólidos e a Aplicação da Logística Reversa no Segmento da Construção Civil. ID on line *Revista Multidisciplinar e de Psicologia*, v. 13, n. 43, p. 784-807, 2019.
- [21] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10.005 – Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.
- [22] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10.006 – Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

-
- [23] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10.007 – Amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.
- [24] BRASIL, Resolução CONAMA nº358, Art. 21º, de 29 de abril de 2005. Gestão de resíduos e produtos perigosos – tratamento. Publicada no DOU nº 84, de 4 de maio de 2005.
- [25] BRASIL. Lei nº 12.305, Art. 9º, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, 2010.
- [26] BRASIL, Resolução CONAMA nº448, Art. 2º, inciso XI, de 18 de janeiro de 2012. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Publicada no DOU nº 14, de 19 de janeiro de 2012.
- [27] BRASIL, Resolução CONAMA nº307, Art. 2º, inciso VI e VII, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Publicada no DOU nº 136, de 17 de julho de 2002.
- [28] VAZ, H. P. et al. Aproveitamento dos resíduos de couros curtidos com cromo: resíduos da rebaixadeira. Lins, São Paulo, 2009.
- [29] CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Guia técnico ambiental de curtumes – 2. ed. rev. atual. São Paulo, 2015.
- [30] PERES, J. G. M. Viabilidade de utilização da serragem de couro para fins de obtenção de um material alternativo de construção.123f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, 2005.
- [31] RIBEIRO, D. V.; YUAN, S. Y.; MORELLI, M. R. Efeito da adição de serragem de couro tratada quimicamente nas propriedades do cimento Portland. Química Nova, v. 34, n. 6, p. 979-983, 2011.
- [32] FUJIKAWA, E. S. Incorporação do resíduo serragem cromada em materiais de construção civil. 92f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial). Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Bauru, 2002.
- [33] CICB, Centro das Indústrias de Curtumes do Brasil. Disponível em <<http://www.cicb.org.br/cicb/sobre-couro>>. Acessado 05 de fevereiro de 2019.

-
- [34] BAFFA, I. Pré-fabricados de Concreto com couro, 46°. IBRACON – Instituto Brasileiro de Concreto, 2004
- [35] TACHARD, A. L. R. S.; RIBEIRO, D. V.; MORELLI, M. R. Avaliação da resistência mecânica de argamassas de cimento Portland contendo serragem de couro tratada em meio ácido. In: 17º CBECIMat-Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Foz do Iguaçu, 2006.
- [36] NEVILLE, A. M. Tecnologia do concreto. 2ª Ed. Editora Bookman, p. 2, Porto Alegre, 2013.
- [37] MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Microestrutura, propriedades e materiais. 2ª Ed. IBRACON, p. 1, São Paulo, 2014.
- [38] MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Microestrutura, propriedades e materiais. 2ª Ed. IBRACON, p. 215, São Paulo, 2014.
- [39] NEVILLE, A. M. Propriedades do concreto. 5ª Ed. Editora Bookman, p. 2, Porto Alegre, 2016.
- [40] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 16697 – Cimento Portland: Requisitos. Rio de Janeiro, 2018.
- [41] MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Microestrutura, propriedades e materiais. 2ª Ed. IBRACON, p. 275, São Paulo, 2014.
- [42] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9935 – Agregados: Terminologia. Rio de Janeiro, 2011.
- [43] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7211 – Agregados para concreto: Especificação. Rio de Janeiro, 2019.
- [44] COUTINHO, J. S. Agregados para argamassas e betões. Materiais de Construção, v. 1, 1999.
- [45] NEVILLE, A. M. Propriedades do concreto. 5ª Ed. Editora Bookman, p. 111, Porto Alegre, 2016.
- [46] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 11768 – Aditivos químicos para concreto de cimento Portland Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2019.

-
- [47] MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Microestrutura, propriedades e materiais. 2ª Ed. IBRACON, p. 311, São Paulo, 2014.
- [48] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 248 – Agregados: Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.
- [49] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 52 – Agregado miúdo: Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.
- [50] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 30 – Agregado miúdo: Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro, 2001.
- [51] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 53 – Agregado graúdo: Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2009.
- [52] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 45 – Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.
- [53] DNER, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. ME 052 – Solos e agregados miúdos: Determinação da umidade com emprego do “Speedy”. 1994.
- [54] CABRAL, A. E. B. et al. Desempenho de concretos com agregados reciclados de cerâmica vermelha. *Cerâmica*, São Paulo, v. 55, n. 336, p. 448-460, 2009
- [55] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5738 – Concreto: Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2006.
- [56] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 67 – Concreto: Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro 2006.
- [57] MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Microestrutura, propriedades e materiais. 2ª Ed. IBRACON, p. 388, São Paulo, 2014.
- [58] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5739 – Concreto: Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.
- [59] MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Microestrutura, propriedades e materiais. 2ª Ed. IBRACON, p. 52, São Paulo, 2014.

-
- [60] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 8953 – Concreto para fins estruturais: Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro, 2019.
- [61] Callister JR, William D. Material Science and engineering an introduction. 8th ed. John Wiley & Sons, Inc, p. 204, 2012.
- [62] DOS SANTOS, S. F.; DE ALMEIDA MOREIRA, L.; JUNIOR, L. A. S. Análisis experimental de la influencia de ceniza de cascara de arroz sin queima controlada como una adición mineral al hormigón. Research, Society and Development, v. 9, n. 1, p. 51911586, 2020.
- [63] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7222 – Concreto e argamassa: Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2011.
- [64] MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Microestrutura, propriedades e materiais. 2^a Ed. IBRACON, p. 74, São Paulo, 2014.
- [65] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto: Procedimento. Rio de Janeiro, 2019.
- [66] GRANZOTO, L. Concreto com adições de borracha: uma alternativa ecologicamente viável. 132f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá, 2010.
- [67] ARAUJO, E. C.; DIAS, F. M. Massa específica e absorção de água de concretos manufaturados com agregados alternativos. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, v. 4, n. 5, p. 774-783, 2011.
- [68] MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Microestrutura, propriedades e materiais. 2^a Ed. IBRACON, p. 431, São Paulo, 2014.
- [69] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9778 – Argamassa e concreto endurecidos: Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2019.
- [70] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISSO 5398-3 – Couro: Determinação química do teor de óxido crômico, Parte 3: Quantificação por espectrometria de absorção atômica. Rio de Janeiro, 2014.

-
- [71] HOPPEN, C. Reciclagem de Lodo de ETA Centrifugado na construção civil, Método alternativo de preservação ambiental. 2004, 149f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, 2004.
- [72] Perkin, E. Analytical methods for atomic absorption spectroscopy. USA: The Perkin-Elmer Corporation; 1996
- [73] GOMES, V. M. Estudo da mobilidade do cromo em área de descarte inadequado de resíduos de couro: possível contaminação de solos, águas e sedimentos. 81f. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Estadual Paulista (UNESP), Araraquara, 2010.
- [74] SANTOS, R. J. Obtenção de compósitos de borracha natural com resíduo industrial de couro reticulados com diferentes peróxidos. 122f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Materiais). Universidade Estadual Paulista (UNESP), Presidente Prudente, 2014.
- [75] BUEST NETO, G. T. Estudo da substituição de agregados miúdos naturais por agregados miúdos britados em concretos de cimento Portland. 149 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil), Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, 2006.
- [76] FOTI, D. Preliminary analysis of concrete reinforced with waste bottles PET fibers. *Construction and building materials*, v. 25, n. 4, p. 1906-1915, 2011.
- [77] ALYOUSEF, R. et al. Utilization of sheep wool as potential fibrous materials in the production of concrete composites. *Journal of Building Engineering*, 101216, 2020.
- [78] FERRO, V. R. H. Desenvolvimento de um Método Expedito Para Avaliação da Biodegradabilidade do Couro. 143f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente). Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2013.
- [79] ALYOUSEF, R., et al. Effect of sheep wool fiber on fresh and hardened properties of fiber reinforced concrete. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*, v. 10, p. 190-199, 2019.
- [80] YUAN, S. Y. Estudo da Influência da Adição de Serragem de Couro Tratada Quimicamente nas Características de Argamassas de Cimento Portland. 131f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais). Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, 2009
- [81] CORREA, P. M. Estudo comparativo da influência da adição de pet e pp pós-consumo na produção de concreto estrutural. 101f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de

Minas, Metalúrgica e de Materiais). Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2015.

- [82] BORGES, A. P. S. N.; MOTTA, L. A. C.; PINTO, E. B. Estudo das propriedades de concretos com adição de fibras vegetais e de polipropileno para uso em paredes estruturais. *Matéria (Rio J.)*, v. 24, n. 2, e12364, 2019
- [83] Awal, A. A., Mohammadhosseini, H. Green concrete production incorporating waste carpet fiber and palm oil fuel ash. *Journal of Cleaner Production*, v. 137, p. 157-166, 2016.
- [84] Meddah, M. S., & Bencheikh, M. Properties of concrete reinforced with different kinds of industrial waste fibre materials. *Construction and Building Materials*, v. 23, n. 10, p. 3196-3205, 2009
- [85] SEVASTANO JÚNIOR, H. Materiais à base de cimento reforçados com fibra vegetal: reciclagem de resíduos para a construção de baixo custo. 152f. Tese (Livre-Docência). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2000.
- [86] HELENE, P.R. do L. Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado. 248f. Tese (Livre Docência em Engenharia de Construção Civil). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), 1993.
- [87] LUCENA, J. C. T. Concreto reforçado com fibras de polipropileno: estudo de caso para aplicação em painel alveolar de parede fina. 83f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas). Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.
- [88] JÚNIOR, J. A. Análise experimental da adição de fibras poliméricas nas propriedades mecânicas do concreto. *Revista Matéria*, v. 22, n. 1, 2017.
- [89] Mohammadhosseini, H. et al. Durability performance of green concrete composites containing waste carpet fibers and palm oil fuel ash. *Journal of Cleaner Production*, v.144, p. 448-458, 2017.
- [90] LOPES, Herbert Medeiros Torres. Aplicação do conceito de empacotamento de partículas na otimização de dosagem de concretos de cimento Portland. 174f. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (USP), 2019.
- [91] NARDINO, D. A. et al. Reutilização de Resíduos de Curtume na Fabricação de Blocos de Concreto Para Pavimentação: Avaliação das Características do Resíduo. *Blucher Chemical Engineering Proceedings*, v. 1, n. 3, p. 129-134, 2015.