



ARTIGOS COMPLETOS	383
RESUMOS DE PESQUISA	416
RELATOS DE EXPERIÊNCIA	420

ARTIGOS COMPLETOS

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DO MUNICÍPIO DE FLORA RICA/SP EM RELAÇÃO À REMOÇÃO DE FÁRMACOS.....	384
DIFERENÇA TÉRMICA ENTRE COBERTURA DE LAJE PRÉ-MOLDADA COM E SEM EPS.....	391
RESISTÊNCIA A FLEXÃO: ESTUDO COMPARATIVO DE VIGAS LAMINADAS COLADAS COM RESINAS EPOXI, POLIESTER ISOFTÁLICA E POLIURETANA	398
UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS POLIMÉRICOS RECICLADOS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO	408

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DO MUNICÍPIO DE FLORA RICA/SP EM RELAÇÃO À REMOÇÃO DE FÁRMACOS

Beatriz Dal Poz Jordao, Mariane Vicentin Costa

Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE.

E-mail: beatrizdalpoz@hotmail.com

RESUMO - O contínuo aumento da presença de compostos farmacológicos no meio ambiente vem comprometendo a qualidade das águas destinadas ao consumo. Um grande número desses compostos tem sido detectado em efluentes de tratamento de esgotos (ETEs) municipais, águas superficiais e água potável. Ainda não se sabe os efeitos que estes podem causar no meio ambiente e na saúde humana. Atualmente, o principal meio de contaminação se dá através das ETEs. Portanto, o descarte desses resíduos deve ser minimizado o máximo possível. O objetivo desse trabalho foi avaliar a eficiência de remoção de fármacos em estações de tratamento de esgoto convencionais. As coletas de amostra foram pontuais, com ausência de monitoramento. As amostras foram submetidas ao processo de extração em fase sólida e analisadas por cromatografia líquida de alta eficiência. Os resultados obtidos mostram a ineficiência do tratamento utilizado pela ETE do município de Flora Rica (SP).

Palavras-chave: Fármaco; Contaminação; ETE; CLAE.

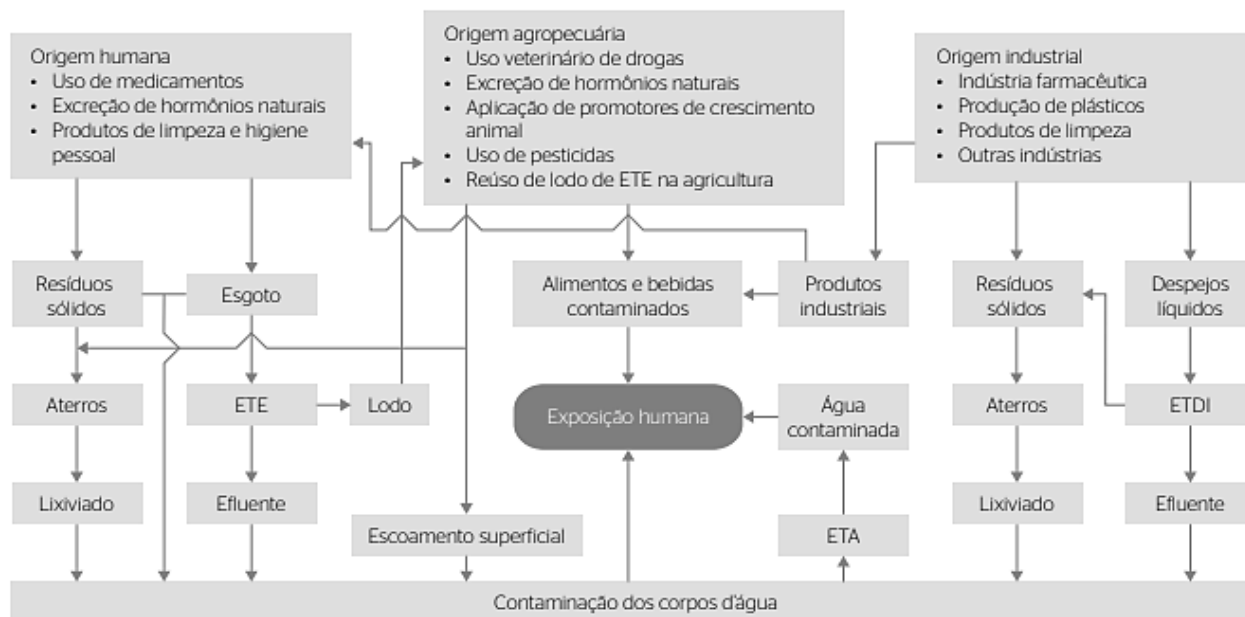
ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF THE FLORA RICA / SP WASTE TREATMENT STATION WITH REGARD TO PHARMACEUTICAL REMOVAL

ABSTRACT - The increased presence of pharmacological compounds in the environment has been compromising the quality of water for consumption. A large number of these compounds have been detected in municipal sewage treatment effluents, surface water and drinking water. The effects that these may have on the environment and human health are not yet known. Currently, the main means of contamination is through the ETEs. Therefore, the disposal of these wastes should be minimized as much as possible. The objective of this work was to evaluate the drug removal efficiency in conventional sewage treatment plants. Sample collections were punctual, with no monitoring. The samples were submitted to the solid phase extraction process and analyzed by high performance liquid chromatography. The results show the inefficiency of the treatment used by the ETE of the municipality of Flora Rica (SP).

Keywords: Drug; Contamination; ETE; CLAE.

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

De acordo com padrões de potabilidade da água pré-estabelecidos pelo Ministério da Saúde portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011, capítulo V, a água considerada potável, pode não estar em condições adequadas para o consumo devido à existência de compostos dentre muitos os fármacos.

Figura 01. Fontes e destinos dos fármacos e desreguladores endócrinos nos recursos hídricos.

Estudos apontam que uma constante exposição a baixas concentrações de fármacos existentes na água pode causar riscos ao meio ambiente e a saúde humana (Portaria MS, 2011).

A principal fonte de contaminação por fármacos é o efluente doméstico. Além do descarte inadequado de medicamentos nos lixos comuns, na urina pode conter o composto ativo do medicamento, que não é totalmente absorvido pelo organismo, além do seus metabólitos. Uma vez na estação de tratamento, o efluente é submetido a processos físico-químicos e biológicos ineficientes na degradação desses xenobióticos, que atinge os corpos d'água, contaminando-os (NOGUEIRA ET AL., 2003).

Os compostos farmacêuticos, oriundos diretamente ou indiretamente dos fármacos, que acabam tendo como destino o ambiente aquático, sejam eles fármacos ou os seus metabólitos são considerados compostos emergentes designados de “fármacos residuais”. Tais compostos são considerados elementos que podem apresentar danos à saúde humana e animal, pois são capazes de desencadear diversas consequências, tais como: cânceres, problemas genéticos, mutações entre outros (GIL; MATHIAS, 2005). Os fármacos possuem também características lipofílicas e frequentemente apresentam baixa biodegradabilidade no ambiente aquático. Estas propriedades intrínsecas apresentam um grande potencial para bioacumulação e persistência no ambiente (CHRISTENSEN, 1998).

Dessa forma, a introdução de substância farmacológica ativas no ambiente aquático advém do seu uso intensivo e extensivo no tratamento de doenças em humanos e animais, que são liberadas através da excreção na forma não metabolizada ou com um metabólito ativo alcançando, principalmente a partir do lançamento via efluentes municipais e industriais, os corpos hídricos receptores das águas servidas (CHAPMAN, 2006; PETROVIC et al., 2005; CALAMARI et al., 2003).

Existe uma preocupação crescente em relação aos possíveis efeitos a saúde humana devido à presença de fármacos e seus resíduos no ambiente, pois estes compostos podem acumular-se nos organismos de animais aquáticos e atingir, conseqüentemente por meio da alimentação, o ser humano. De acordo com os estudos de Ghiselli (2006) e Sodré et al. (2007) estas substâncias também podem ser ingeridas através do consumo de água tratada destinadas ao abastecimento público.

A ocorrência de fármacos no ambiente aquático vem ganhando muita atenção, pois podem causar danos ao sistema endócrino, estar relacionados a cânceres, além da sua alta persistência no meio ambiente (AMÉRICO et al, 2013). Da mesma forma, a ingestão ocasiona o desenvolvimento de microorganismos resistentes a antibióticos, disfunções no sistema reprodutivo e distúrbios metabólicos. As Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) não são eficientes na remoção de r sduos farmacológicos; sendo que este tipo de contaminação torna-se mais preocupante, já que estes efluentes são lançados diretamente em rios ocasionando a contaminação das águas superficiais (BAUTITZ, 2006).

Compostos farmacológicos como o diclofenaco, ibuprofeno, piroxicam, naproxeno entre outros, foram desenvolvidos para controlar doenças, e por aumentar a expectativa de vida das pessoas, se tornaram um risco à saúde pública e à biodiversidade aquática.

Devido a importância do tema, o presente projeto se propôs analisar a eficiência de remoção de fármacos na estação de tratamento de esgoto no município de Flora Rica/SP. Os fármacos presentes nas amostras de efluente bruto proveniente da ETE foram o diclofenaco, ibuprofeno, naproxeno e piroxicam. Com exclusão deste último, estes fármacos são considerados como agente não esteroidais, anti-inflamatório e analgésico, com ampla prescrição e sendo não restrito no Brasil.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo desse projeto foi avaliar a eficiência de remoção de fármacos em estações de tratamento de esgotos convencionais (lagoa de estabilização).

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Analisar os parâmetros físicos, químicos e biológicos durante a atividade experimental dos filtros;
- Determinar e quantificar os fármacos na água bruta e após tratamento da ETE.

3. METODOLOGIA

3.1 COMPOSTOS FARMACOLÓGICOS ANALISADOS

Os compostos farmacológicos de uso humano selecionados para serem testados nesta pesquisa serão: diclofenaco, ibuprofeno, naproxeno e piroxicam. A escolha dos fármacos deu-se em função da detecção destes compostos em outros estudos com análises de amostras ambientais, da disponibilidade de seus padrões e seu elevado consumo pela população (AMERICO, 2010).

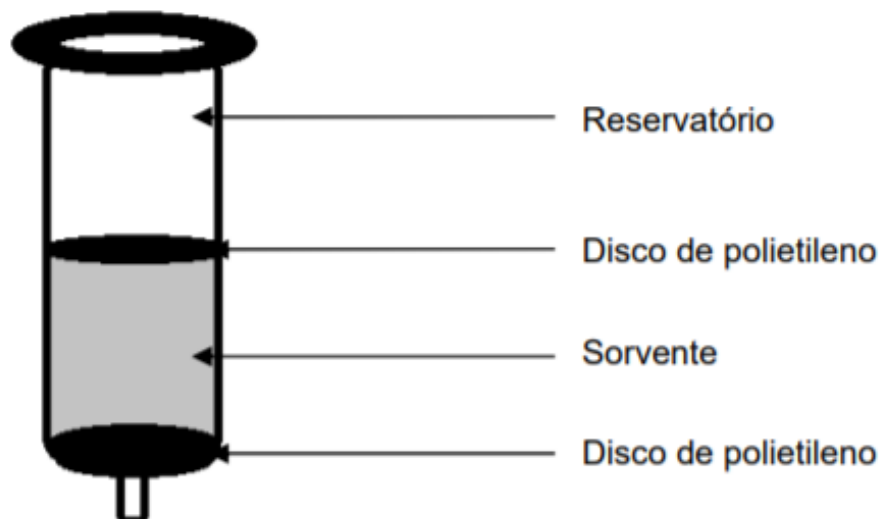
3.2 COLETA E PREPARO DAS AMOSTRAS

A técnica de preparo da amostra deve visar obtenção de resultados confiáveis e exatos, consumir quantidades mínimas de reagentes e solventes (JARDIM et al., 2010).

Para a coleta das amostras serão utilizados baldes graduados e frascos devidamente lavados com água e detergente neutro, posteriormente higienizados com solução clorada e enxaguados com água desmineralizada. A secagem foi efetuada a temperatura ambiente (AMERICO, 2010). Amostras de água superficial e esgoto (1,0 L) serão coletadas em cada ponto de amostragem com auxílio de baldes graduados e acondicionadas em frascos, sendo transportadas em caixas isotérmicas contendo gelo para posterior análise laboratorial.

3.3 PROCEDIMENTO DE EXTRAÇÃO EM FASE SÓLIDA (SPE)

A técnica de SPE consiste na separação líquido-sólido baseado nos mecanismos de separação da cromatografia líquida de baixa pressão. A SPE emprega sorventes recheados em cartuchos nas formas de discos ou seringa. A eluição da amostra ocorre por gravidade ou pressão com o auxílio de uma seringa ou bomba a vácuo (LANÇAS, 2004), (AMERICO, 2010).

Figura 02. Ilustração de um cartucho utilizado na técnica de SPE.

3.4 ANÁLISES DOS FÁRMACOS EM CROMATOGRAFIA LÍQUIDA DE ALTA EFICIÊNCIA (CLAE)

As análises cromatográficas foram efetuadas por meio de um cromatógrafo líquido de alta eficiência (Shimadzu), equipado com detector "PhotodiodeArray" (SPD-M20A), duas bombas de alta pressão (LC-20AT e LC 20AD), utilizando coluna: C18 (modelo Shim-pack) com 4,6 x 250 mm e diâmetro de partícula de 5 μ m para os fármacos. O volume de injeção das amostras foi de 25,0 μ L-1, sendo a identificação de cada composto (fármacos) efetuada de acordo com os seus respectivos tempos de retenção e também através de cada perfil espectrofotométrico, nos comprimentos de onda específicos de detecção para cada composto. Os resultados dos cromatogramas foram elaborados através do software Lcsolution (AMERICO, 2010).

As curvas analíticas foram efetuadas através do método do padrão interno, concomitantemente os limites de detecção (LD) e os limites de quantificação (LQ) ($\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$) também foram obtidos por meio de planilha de validação proposta por Ribeiro e Ferreira (2008). O LD é definido como a menor quantidade do analito presente em uma amostra que pode ser detectada sob as condições experimentais estabelecidas.

Enquanto o LQ é a menor quantidade do analito que pode ser determinada com precisão e exatidão aceitáveis sob condições experimentais estabelecidas (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA-ANVISA, 2003), (AMERICO, 2010). Ambos podem ser expressos em percentual ou em unidade de concentração (ANVISA, 2003).

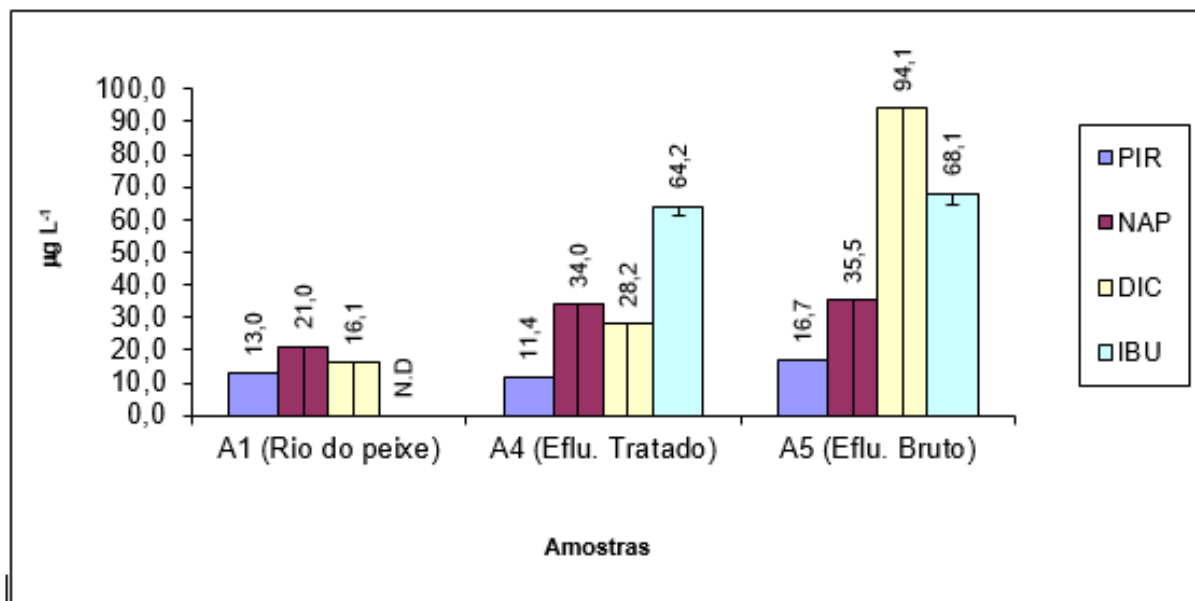
Os limites de quantificação e de detecção para os fármacos: diclofenaco, ibuprofeno, naproxeno e piroxicam são apresentados na Tabela 02.

Tabela 02. Limites de quantificação (LQ) e detecção (LD) dos fármacos estudados (AUTOR, 2016).

Fármaco	LQ ($\text{ng}\cdot\text{L}^{-1}$)	LD ($\text{ng}\cdot\text{L}^{-1}$)
Diclofenaco	9,20	3,07
Ibuprofeno	19,46	6,49
Naproxeno	2,64	0,88
Piroxicam	1,61	0,54

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados exibiram a presença de quatro compostos farmacológicos distintos nas amostras coletadas da ETE e três compostos no Rio do Peixe (Figura 03). Na amostra de esgoto bruto o diclofenaco e o ibuprofeno apresentaram maiores concentrações em relação ao piroxicam e naproxeno, o que pode estar associado ao elevado consumo destes medicamentos pela população (AMERICO, 2010).

Figura 03. Concentração dos compostos farmacológicos, em $\mu\text{g.L}^{-1}$, analisados no mês de março de 2019.

Considerando-se as concentrações dos compostos farmacológicos no esgoto bruto e no final do processo de tratamento anaeróbico no qual o esgoto é submetido na ETE, neste estudo de amostra pontual, realizado no mês de março de 2019, demonstra haver uma redução de 70% da concentração de diclofenaco, 6% de ibuprofeno, 4,2% de naproxeno e 32% de piroxicam.

Devido aos diversos fatores que interferem na redução da concentração dos fármacos no esgoto, diferentes taxas de remoção destas substâncias têm sido reportadas na literatura. Autores registraram taxas de remoção em ETE para naproxeno de 40 a 55% (CARBALLA et al., 2004), 66% (TERNES, 1998), 78% (STUMPF et al., 1999) e de 0 a 80% (NAKADA et al., 2006), enquanto que para ibuprofeno verificou-se taxas de remoção de 90% (TERNES, 1998), 60 a 70% (CARBALLA et al., 2004), 75% (STUMPF et al., 1999) e de 90 a 100% (NAKADA et al., 2006). No caso do diclofenaco, estudos relataram menores eficiências de remoção como 17% (HEBERER, 2002), 69% (TERNES, 1998), 71% (ROBERTS; THOMAS, 2006) e 75% (STUMPF et al., 1999). Para o piroxicam verificou-se uma remoção de 45% (AMÉRICO, 2010).

5. CONCLUSÕES

Com embasamento nos dados obtidos, conclui-se que a quantidade de fármacos que atingem os corpos hídricos é consideravelmente preocupante, uma vez que os processos convencionais de tratamento de efluentes nas ETEs não são eficientes na remoção de fármacos, podendo ser necessário, brevemente, adaptações ou mesmo implantações de outros processos de tratamento que complementem a remoção adequada desses fármacos, tais como adsorção com carvão ativado, processos oxidativos avançados (POA), osmose reversa.

6. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA- ANVISA. Resolução n° 899, de 23 de maio de 2003. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>> Acesso: 07 fev. 2019.

AMERICO, J. H. P.; TORRES, N. H.; AMERICO, G. H. P.; CARVALHO, S. L. Ocorrência, destino e potenciais impactos dos fármacos no meio ambiente. *Rev. Saude e Biol.*, v. 8, n. 2, p. 59-72, 2013.

BAUTITZ, I. R. Degradação de tetraciclina utilizando o processo fotofenton. 2006. 85f. Dissertação (Mestrado em Química) – Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista- UNESP, Araraquara, 2006.

CALAMARI, D.; ZUCCATO, E.; CASTIGLIONE, S.; BAGNATI, R.; FANELLI, R. Strategic survey of therapeutic drugs in the rivers Pó and Lambro in northern Italy. *Environmental Science & Technology*, Easton, v.37, n.7, p.1241-1258, 2003. <https://doi.org/10.1021/es020158e>

CARBALLA, M.; OMIL, F.; LEMA, J. M.; LLOMPART, M.; GARCIA, C.; RODRIGUES, I.; GOMES, M.; TERNES, T. Behavior of pharmaceuticals, cosmetics and hormones in a sewage treatment plant. *Water Research*, Oxford, v.38, n.12, p.2918-2926, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2004.03.029>

CHAPMAN, P.M. Emergin substances – emerginproblems? *Environmental Toxicology and Chemistry*, Houston, v.25, n.6, p.1445-1447, 2006. <https://doi.org/10.1897/06-025.1>

CHRISTENSEN, F.M. Pharmaceuticals in the environment – a human risk? *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, New York, v.28, n.3, p.212-221, 1998. <https://doi.org/10.1006/rtp.1998.1253>

Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução n. 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, de 18 de março de 2005.

GHISELLI, G. Avaliação da qualidade das águas destinadas ao abastecimento público na região de Campinas: ocorrência e determinação dos interferentes endócrinos (IE) e produtos farmacêuticos e de higiene pessoal (PFHP). 2006. 190f. Tese (Doutorado em Química Analítica) – Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

GIL, E. S.; MATHIAS, R. O. *Revista Eletrônica de Farmácia*, v. 2 nº2, p.87-93, 2005.

HEBERER, T. Occurrence, fate and removal of pharmaceuticals residues in the aquatic environment: a review of recent research data. *Toxicology Letters*, Amsterdam, v.131, n.1-2, p.5-17, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0378-4274\(02\)00041-3](https://doi.org/10.1016/S0378-4274(02)00041-3)

LANÇAS, F. M. *Extração em fase sólida (SPE)*. São Carlos: RiMa, 2004. 96 p.

LINDBERG, Richard et al. Determination of antibiotic substances in hospital sewage using solid phase extraction and liquid chromatography/mass spectrometry and group analogue internal standards. *Chemosphere*, ELSEVIER, Suécia, v. 57, p. 1479-1488, set. 2004. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2004.09.015>

MANFRED, C.; et al. Removal of antibiotics in conventional and advanced wastewater treatment: Implications for environmental discharge and wastewater recycling, *Water Research*, Vienna, Áustria, v. 39, p. 4797-4807, novembro, 2005.

NAKADA, N., TANISHIMA, T., SHINOHARA, H., KIRI, K.; TAKADA, H. Pharmaceutical chemicals and endocrine disrupters in municipal wastewater in Tokyo and their removal during activated sludge treatment. *Water Research*, Oxford, v.40, n.17, p.3297-3303, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2006.06.039>

NOGUEIRA, R.F.P.; MELO, S.A.S.; TROVÓ, A.G.; BAUTITZ, I.R. Degradação de fármacos residuais por processos oxidativos avançados. *Quim. Nova*, V. 32, P.199 – 197, 2003.

PETROVIC, M.; HERNANDO, M. D.; DIAS-CRUZ, M. S.; BARCELÓ, D. Liquid chromatography – tandem mass spectrometry for the analysis of pharmaceutical residues in environmental samples: a review. *Journal of Chromatography A*, New York, v.1067, n.1/2, p.1-14, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2004.10.110>

PORTARIA MS, nº 2914 de 12 de dezembro de 2011. Disponível em <http://www.comitepcj.sp.gov.br>>download. Acesso em: 23 de março de 2019.

ROBERTS, P. H.; THOMAS, K. V. The occurrence of selected pharmaceuticals in wastewater effluent and surface waters of the lower Tyne catchment. *The Science of Total Environment*, Amsterdam, v.356, n.1-3, p.143-153, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.04.031>

Silva CGA, Collins CH. Aplicações de cromatografia líquida de alta eficiência para o estudo de poluentes orgânicos emergentes. *Quim Nova*. 2011;34(4):665-76. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422011000400020>

SILVA, J.C.C.; TEODORO, J.A.R.; AFONSO, R.J.C.F.; AQUINO, S.F.; AUGUSTI, R. (2014b) Photolysis and photocatalysis of ibuprofen in aqueous medium: characterization of by-products via liquid chromatography coupled to high-resolution mass spectrometry and assessment of their toxicities against *Artemia salina*. *Journal of Mass Spectrometry*, v. 49, n. 2, p. 145-153. <https://doi.org/10.1002/jms.3320>

SILVA, J.C.C.; TEODORO, J.A.R.; AFONSO, R.J.C.F.; AQUINO, S.F.; AUGUSTI, R. (2014a) Photodegradation of bisphenol A in aqueous medium: Monitoring and identification of by-products by liquid chromatography coupled to high-resolution mass spectrometry. *Rapid Communications Mass Spectrometry*, v. 28, n. 9, p. 987-994. <https://doi.org/10.1002/rcm.6863>

SODRE, F. F.; MONTAGNER, C. C.; LOCATELLI, M. A. F.; JARDIM, W. F. Ocorrência de interferentes endócrinos e produtos farmacêuticos em aguassuperficiais da região de Campinas (SP, Brasil). *Journal of the Brazilian Society of Ecotoxicology*, v. 2, n. 2, p. 187-196, 2007. <https://doi.org/10.5132/jbse.2007.02.012>

SOUZA, Carla P. F. A. de; FALQUETO Elda. Descarte de Medicamentos no Meio Ambiente no Brasil. *Revista Brasileira de Farmácia*, Rio de Janeiro, v. 96, n. 2, p. 1142-1158, 2015. Disponível em: . Acesso em: 30 mai.2017.

STUMPF, M. TERNES, T. A., WILKEN, R. D., RODRIGUES, S. V.; BAUMANN, W. Polar drug residues in sewage and natural waters in the state of Rio de Janeiro, Brazil. *The Science of Total Environmental*, Amsterdam, v.225, n.1- 2, p.135–141, 1999. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(98\)00339-8](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(98)00339-8)

TERNES, T. A. Occurrence of drugs in german sewage treatment plants and rivers. *Water Research*, Oxford, v.32, n.11, p.3245–3260, 1998. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(98\)00099-2](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(98)00099-2)

TERNES, T.A.; STUMPF, M.; MUELLER, J.; HABERER, K.; WILKEN, R.-D.; SERVOS, M. (1999) Behavior and occurrence of estrogens in municipal sewage treatment plants – I. Investigations in Germany, Canada and Brazil. *Science of the Total Environment*, v. 225, n. 1-2, p. 81-90. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(98\)00334-9](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(98)00334-9)

DIFERENÇA TÉRMICA ENTRE COBERTURA DE LAJE PRÉ-MOLDADA COM E SEM EPS

Cássio Fabian Sarquis de Campos¹; Vitor Hugo Semensati².

Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE.

E-mail: cassio@unoeste.com¹; Vitorhugosemensati176@gmail.com²

RESUMO - Este trabalho teve como objetivo simular o comportamento térmico entre cobertura de laje pré-moldada com e sem EPS. O recurso computacional utilizado para fazer o estudo foi o CAD Energy 3D, mostrando de forma objetiva a diferença do fluxo de calor em cada mês do ano por cada tipo de cobertura, que possuía seu respectivo Coeficiente Global de Transmissão de Calor resultante (U). Todo o estudo realizado foi utilizando os métodos de Simulação Computacionais que forneceu a plotagem de gráficos e possibilitou a análise dos resultados dos mesmos. Este trabalho comparativo das coberturas proporcionou o conhecimento da eficiência térmica do material EPS aplicado em uma laje e o conhecimento da ferramenta Energy 3D que pode ser aplicado em muitas áreas de pesquisa na Engenharia Civil.

Palavras-chave: Energy 3D; comportamento térmico; EPS.

THERMAL DIFFERENCE BETWEEN ROOF OF PRE - MOLDED SLAB WITH AND WITHOUT EPS

ABSTRACT - The objective of this work was to compare the thermal difference between roof of pre - molded slab with and without EPS. The computational resource used to do the research was CAD Energy 3D, showing the difference between the heat flux of each month for each coverage type, which had its own resulting Global Heat Transmitting Coefficient (U). The study was carried out using Computational Simulation methods that allowed a plotting of graphs and an analysis of the results. This work comparing of the different roofs result the knowledge of the thermal efficiency of the EPS material applied on a slab and the knowledge of the software Energy 3D that can be used in many areas of researches in Civil Engineer.

Keywords: Energy 3D; thermal behavior; EPS.

INTRODUÇÃO

A preocupação em tornar o ambiente interno em condições climáticas favoráveis para o bem estar do ser humano, já era uma busca desde o início das construções civis. Como ainda não havia tecnologia de climatização, as pessoas procuravam alternativas de construção para melhorar o conforto térmico. Exemplo disto, nos Estados Unidos, no estado de Colorado, muitas habitações situavam em encostas de pedras para proteger as mesmas da radiação solar, já que é uma região com altas temperaturas no verão (DALBERTO, 2017).

Com o avanço tecnológico, muito trabalho científico tem sido desenvolvido com o intuito de aprimorar o desempenho térmico das edificações. Entre diversas metodologias de pesquisas, se destaca as simulações computacionais, na qual pode estabelecer critérios da construção e obter o fluxo de calor. (CHVATAL, 2013)

O consumo de energia pelas edificações hoje em dia é de aproximadamente 50% da energia consumida pelas atividades humanas (Op. cit., p. 14). Esse alto valor está relacionado, principalmente, a necessidade de excessivos gastos em aquecer as habitações em períodos do ano com temperaturas baixas, e o mesmo acontece para esfriar a temperatura das habitações nos verões intensos (DALBERTO, 2017).

O projeto de edificações que contem técnicas para melhorar a eficiência energética das edificações faz com que o edifício dificulte as trocas entre o meio externo e o interno, e assim determinem as condições ambientais dos espaços internos (Op. cit., p. 14). Para tanto, De acordo com Givoni (1997), o desempenho térmico de uma edificação vai depender, entre outros fatores, dos materiais utilizados nas paredes externas e na cobertura, e devem estar adequados ao clima da região, quando se procura minimizar os gastos e aumentar a resistência térmica.

Vale lembrar que a cobertura é o elemento do edifício mais exposto à radiação solar, em razão de sua posição quase horizontal. Assim, por receber maior carga térmica, deve-se ter cuidado no projeto de seus detalhes e na escolha dos materiais (dos Santos F. F.; da Silveira A. L. R. C.; 2011).

Com isso, a amortização do fluxo de calor depende do coeficiente global de transmissão térmica do material. “Quanto menor o valor do coeficiente, melhor será o isolamento térmico” (OLGYAY, 1963). Logo, O poliestireno expandido (EPS) se adequa a esse parâmetro, sendo que suas propriedades se mostram favoráveis para esse mercado devido a sua leveza, além do benefício de ser um ótimo isolante térmico e acústico (SCHUH, 2017).

Isopor (EPS) é um plástico celular rígido que pode apresentar uma variedade de formas e aplicações. De acordo com Paiva (2011) sua utilização na construção civil vem crescendo devido aos sistemas construtivos modernos, que está sempre em busca de novas tecnologias de materiais para atingir a eficiência e conforto em seus projetos.

JUSTIFICATIVA

Esta pesquisa se justifica pela frequente utilização do EPS na área da construção civil devido aos benefícios que tal material possui, como: a redução do peso estrutural; a melhoria nas condições térmicas e acústicas internamente; a facilidade para o uso em diversos locais.

É importante também enfatizar a grande busca em se reduzir os custos com energia elétrica sem excessivos gastos. Logo, esta pesquisa poderá mostrar o quão eficiente o uso de EPS em uma cobertura pode ser, através da simulação no CAD Energy 3D.

OBJETIVO

Este trabalho propõe comparar o comportamento térmico, através de uma simulação computacional pelo CAD Energy 3D, no período de um ano entre duas edificações, situadas na mesma localização, tendo apenas diferentes tipos de cobertura entre elas, sendo que em uma foi adicionado o material EPS.

METODOLOGIA

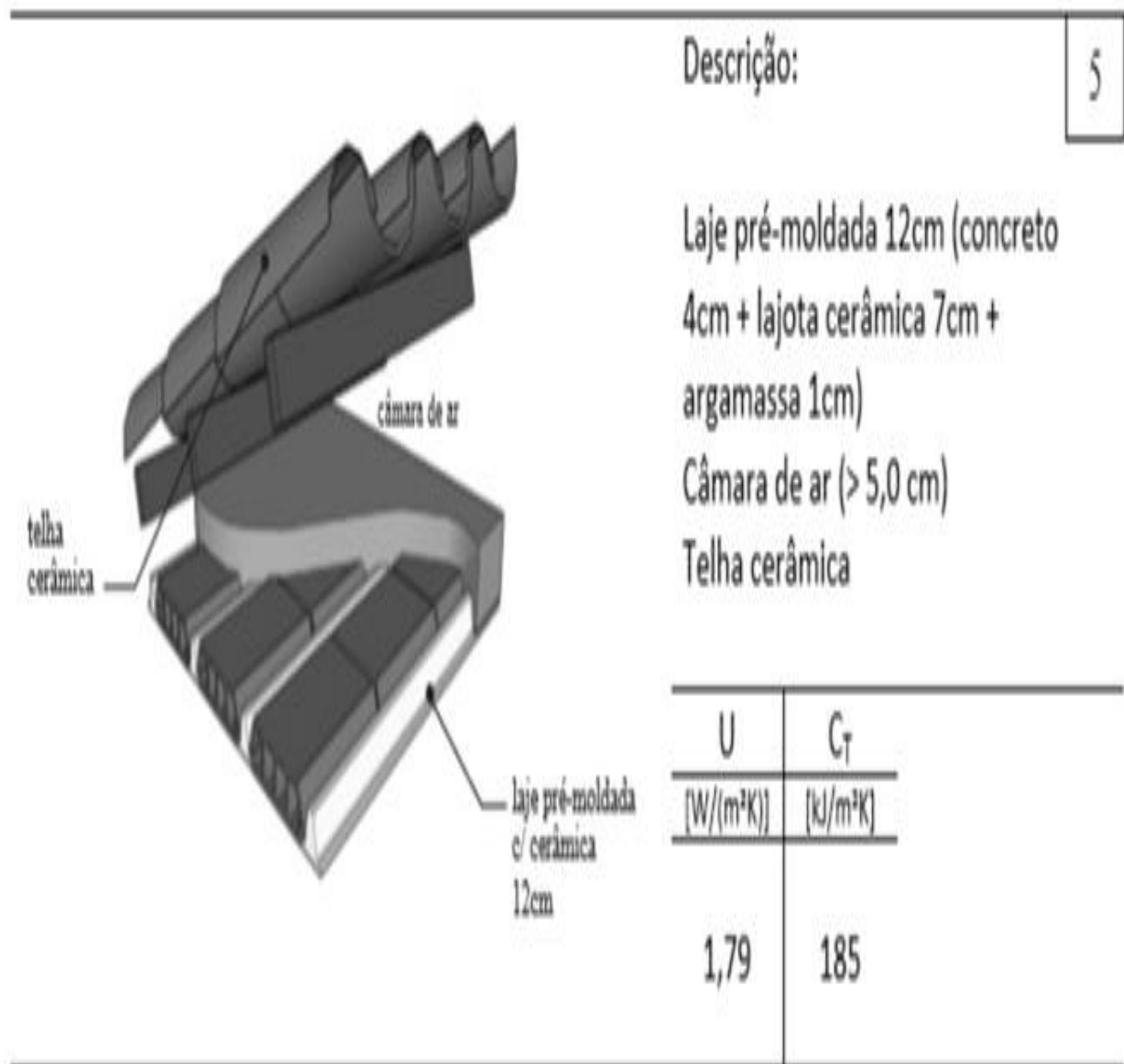
Nesse trabalho iremos comparar duas casas idênticas, situadas numa mesma localização, com estruturas idênticas, apenas com diferentes tipos de coberturas, na qual em uma será adicionado o EPS, conhecido popularmente no Brasil como isopor.

Para isso, através do CAD Energy 3D será projetado uma casa de 8 m x 13 m, onde será desconsideradas as paredes internas da casa, as janelas e outros componentes, já que o importante é analisar exclusivamente o fluxo de calor na cobertura.

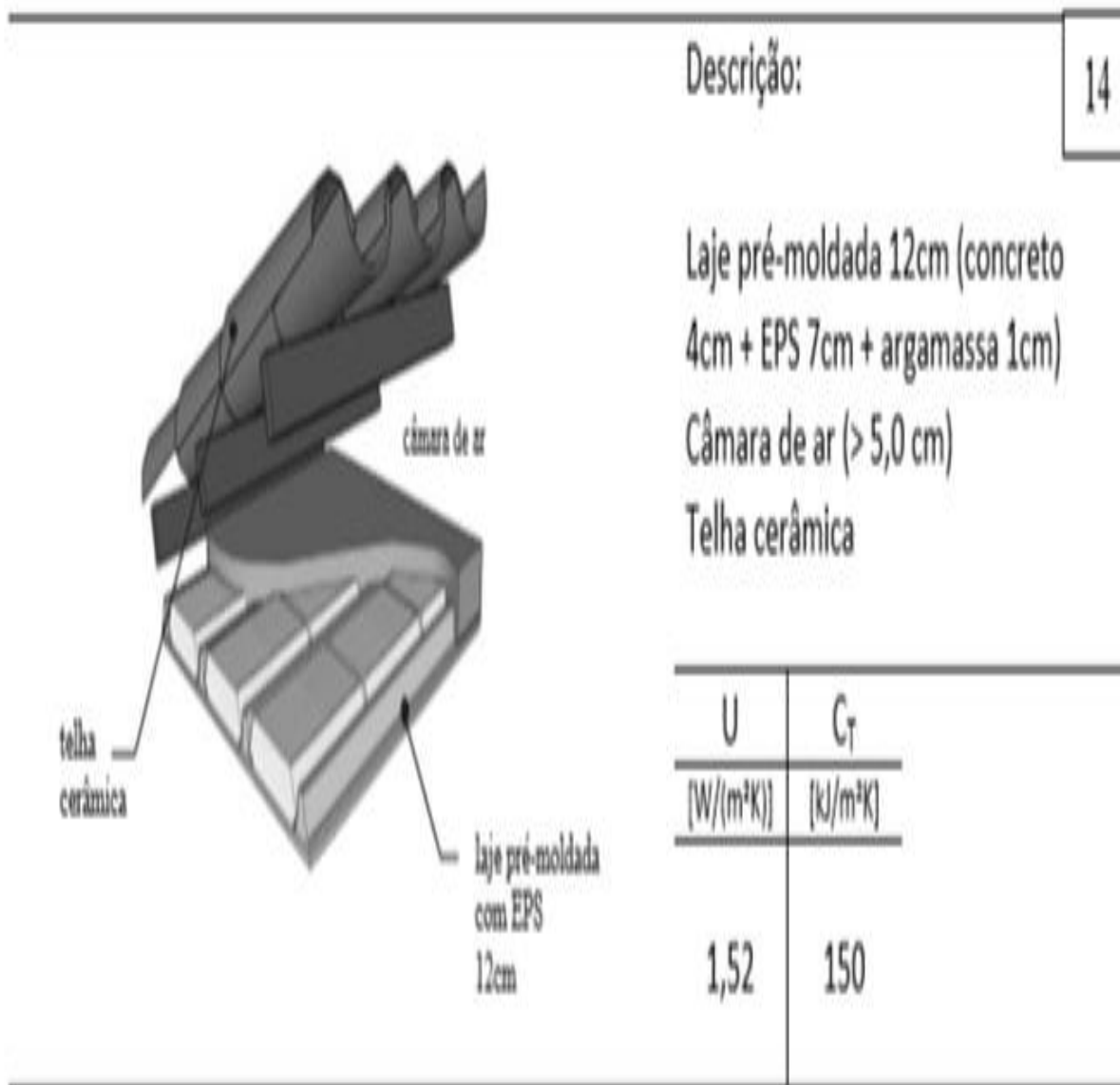
A cobertura será simples, com apenas duas águas, possuindo uma inclinação de 35°.

Após isso, iremos caracterizar essa cobertura aplicando o Coeficiente Global de Transmissão de Calor resultante (U) tendo por referencia o Catálogo de propriedades térmicas de paredes e coberturas do Anexo da portaria Inmetro nº 50/ 2013. Conforme mostrado nas Figuras 1 e 2.

Figura 1. Descrição de Laje sem EPS.



Fonte: (Anexo da portaria Inmetro nº (50/2013).

Figura 2. Descrição de Laje com EPS.

Fonte: (Anexo da portaria Inmetro nº 50/2013).

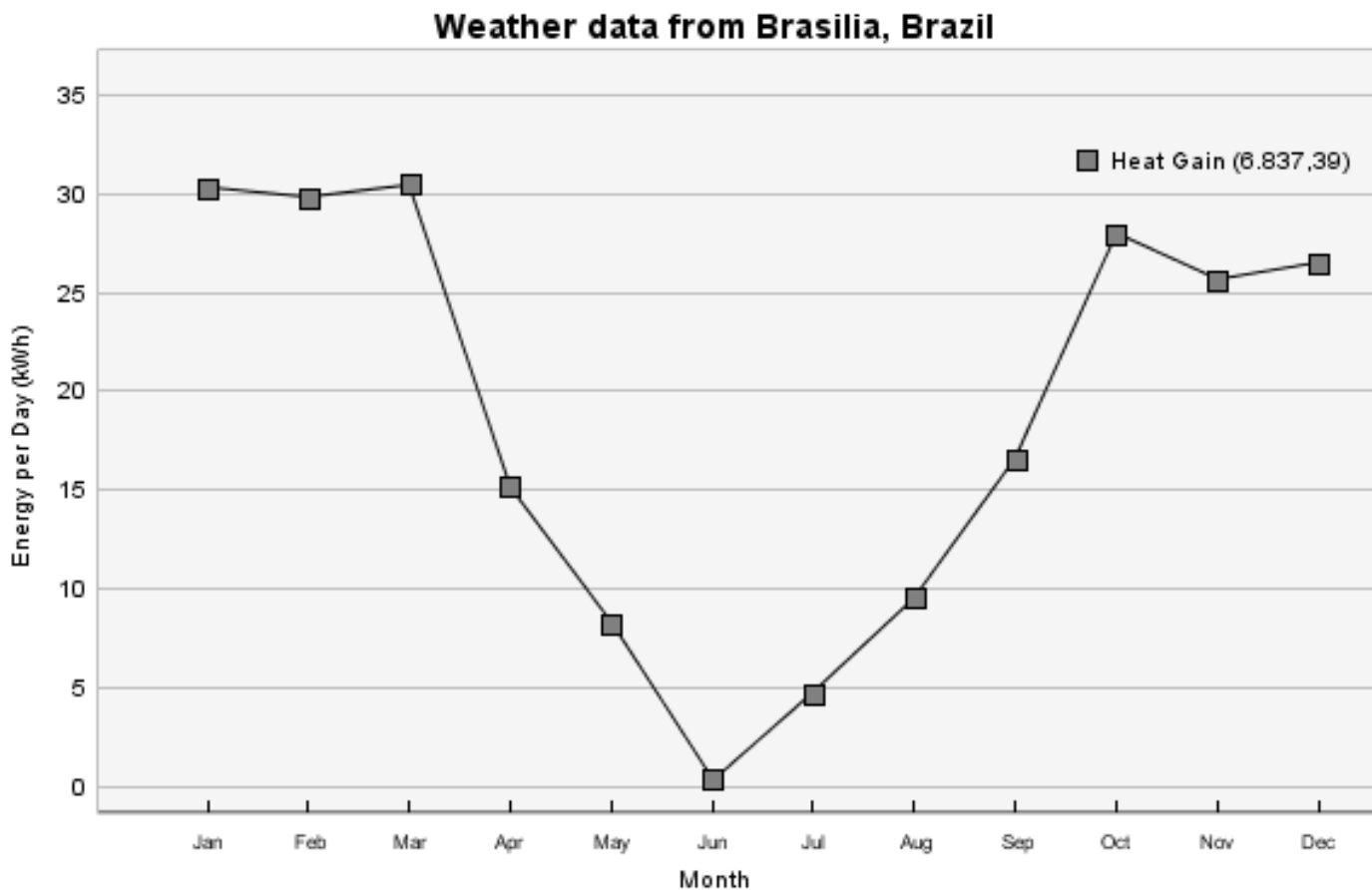
Primeiro, iremos simular uma laje sem EPS, constituído pelos materiais de acordo com a Figura 1.

Após esse processo, iremos simular o fluxo de calor na cobertura no período de um ano através da plotagem de um gráfico que analisará o gasto de energia em kW/h.

Após todos esses processos, iremos simular o ganho de calor na cobertura conforme a Figura 2, laje pré-moldada com EPS, para obter o gráfico de fluxo de energia durante doze meses. Para isso, podemos apenas modificar o valor do U na cobertura, e seguir os mesmos procedimentos realizados anteriormente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi simulado ao longo de um ano o fluxo de energia de cada casa com suas respectivas coberturas. A partir da Figura 3, que equivale o gráfico da casa com laje sem EPS, foi constatado que no mês de Fevereiro houve um ganho de 32 kW/h, sendo o maior pico anual de energia ganha. Já no mês de Junho foi constatada a o menor ganho de energia, resultando em 1 kW/h.

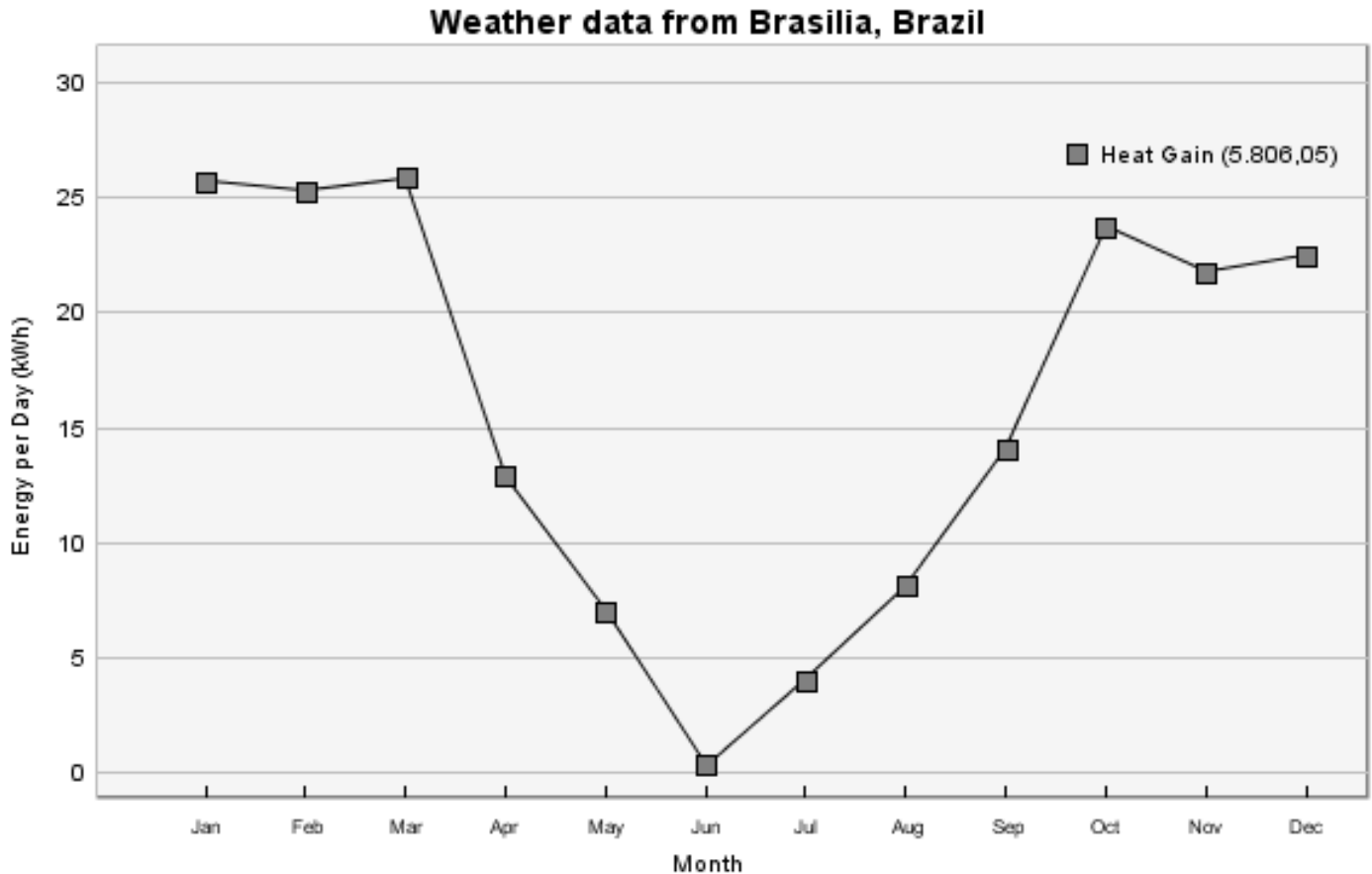
Figura 3: Gráfico de laje sem EPS.

Fonte: (CAD Energy 3D, 2019).

Através da Figura 3 também é possível obter a somatória de todo calor ganho no período de um ano, totalizando 6.837,39 kW.

Já a figura 4 mostra que a laje com EPS, no mês de Fevereiro houve um ganho de energia de 26 kW/h, sendo o maior pico anual de energia ganha. Já no mês de Junho, houve um ganho de energia, em torno de 1 kW/h.

A somatória do ganho de energia desse tipo de cobertura, de acordo com o gráfico da figura 4, é igual a 5.806,05 kW.

Figura 4. Gráfico de laje com EPS.

Fonte: (CAD Energy 3D, 2019).

Desse modo, ao comparar o ganho total no período de um ano entre esses dois tipos de cobertura, subtraindo a energia ganha da cobertura de laje pré-moldada com EPS da sem EPS, o uso desse material resulta em uma economia ($E_{\text{energia anual}}$) de 1.031,34 kW/ano, de acordo com a equação I.

$$E_{\text{energia anual}} = 6.737,39 - 5.806,05 \quad \text{(I)}$$

$$E_{\text{energia anual}} = 1.031,34 \text{ kW/ano}$$

Segundo os dados do terceiro bimestre de 2019 fornecidos pela Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente, a tarifa Residencial cobrada pela Enel-SP é

aproximadamente R\$ 0,56 kWh, isso equivale uma economia (E_{hora}) de R\$ 0,066/h, de acordo com a equação II, e uma economia (E_{ano}) de R\$ 578,16/ano (Equação III).

$$E_{\text{hora}} = (1031,34 / (365 * 24)) * 0,39 \quad \text{(II)}$$

$$E_{\text{hora}} = (1031,34 / 8760,00) * 0,39$$

$$E_{\text{hora}} = 0,118 * 0,56$$

$$E_{\text{hora}} = \text{R\$ } 0,066/\text{h}$$

$$E_{\text{ano}} = 0,066 * 365 * 24 \quad \text{(III)}$$

$$E_{\text{ano}} = \text{R\$ } 578,16/\text{ano}$$

Considerando a edificação um bem patrimonial de vida longa, em 30 anos haverá uma economia de aproximadamente R\$ 17.344,80 (Equação IV).

$$E_{30 \text{ anos}} = 578,16 * 30 \quad \text{(IV)}$$

$$E_{30 \text{ anos}} = 17.344,80 \text{ R\$}$$

CONCLUSÃO

Desse modo, é possível verificar a eficiência térmica do uso de EPS em laje, segundo os gráficos considerando as épocas quentes e frias do ano.

De acordo com o resultado apresentado, conclui que é viável o uso do material EPS nas coberturas, pois haverá um retorno econômico favorável em médio prazo.

Espera-se que este trabalho dê continuidade nas atividades de pesquisas nas áreas de Eficiência Térmica das Construções e de Simulação computacional, da Faculdade de Engenharia “Conselheiro Algacyr Munhoz”.

“Maeder” de Presidente Prudente – UNOESTE – SP.

Espera-se que o modelo de análise e o software Energy 3D seja empregado em novas atividades de pesquisa e de campo na área de engenharia civil e nas demais áreas, e que ainda possa servir de base para novos estudos mais complexos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta pesquisa o software foi configurado com a coordenada do Distrito Federal do Brasil, não sendo levado em consideração à localização do município de Presidente Prudente.

Vale lembrar que este estudo não possui nenhum interesse econômico, e não há relações com os desenvolvedores do software CAD Energy 3D para propaganda do produto, nem qualquer patrocínio dos mesmos ou de outros.

REFERÊNCIAS

ANEXO GERAL V – **Catálogo De Propriedades Térmicas De Paredes, Coberturas E**. Anexo Da Portaria Inmetro Nº 50/ 2013.

CHVATAL, K. M. S. **Avaliação Do Procedimento Simplificado Da Nbr 15575 Para Determinação Do Nível De Desempenho Térmico De Habitações**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 119-134, out./dez. 2014. <https://doi.org/10.1590/S1678-86212014000400009>

DALBERTO, E. **Análise Comparativa De Isolamento Térmico Entre Lajes Pré-Moldadas E Laje Painel Treliçada Com A Utilização De Tabelas Cerâmicas E Blocos De Poliestireno Expandido (Eps) Para Fins De Conforto Térmico**, Univates, Lajeado, 2017.

GIVONI, B. **Climate considerations in building and urban design**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1997.

OLGYAY, V. **Design with climate**. New Jersey: Princeton, 1963.

PAIVA, Evelen F. D. de. **A utilização do EPS na construção civil**. 2011. 53 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Ciência e Tecnologia) – Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Universidade Federal Rural do Semiárido, Rio Grande do Norte, 2011.

PERALTA, G. **Desempenho Térmico Das Telhas: Análise De Monitoramento E Normalização Específica**, Ufscar, São Carlos, 2016.

SANTOS, F. F; SILVEIRA, A. L. R. C. **O Desempenho Térmico De Lajes De Concreto Expostas À Radiação Solar Em Teresina-Pi**, Centro De Tecnologia Da Universidade Federal Do Piauí, Búzios, 2011.

SCHUC, P. D. M. **O Uso Do Eps Na Construção Civil: Estudo Comparativo Entre O Concreto Leve Com Eps E O Concreto Convencional**, Unijui, Santa Rosa, 2017.

SILVA, B. D; CARVALHO, L. P; JUNIOR. R. M. S. **As Diversas Utilizações Do Poliestireno Expandido (Eps) Na Construção Civil**.

RESISTÊNCIA A FLEXÃO: ESTUDO COMPARATIVO DE VIGAS LAMINADAS COLADAS COM RESINAS EPOXI, POLIESTER ISOFTÁLICA E POLIURETANA

Bruna Bessa Rocha Yano¹, Larissa Queiroz Minillo²

¹Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE. ²Universidade Estadual de Londrina – UEL
E-mail: brunabessa@unoeste.br

RESUMO - A madeira é um material compósito natural formado por fibras de celulose, hemicelulose e lignina. As fibras de celulose são resistentes e flexíveis, já a hemicelulose é pouco resistente e hidrolisável, ambas as duas são envolvidas por lignina, que faz o papel de resina, mais rígida que os dois anteriores. O processo de laminação e colagem da madeira melhora sua rigidez e capacidade resistiva, além de possibilitar eliminar defeitos significativos, como os nós. Este estudo buscou comparar três tipos de adesivo em relação à resistência a flexão e módulo de elasticidade de peças de madeira laminada colada. Concluiu-se que as resinas epóxi e poliuretana aumentam a resistência à flexão das peças em 10% em relação à resina poliéster isoftálica e que a resina poliuretana aumentou o módulo de elasticidade das peças em 1200% em relação as demais resinas.

Palavras-chave: madeira laminada colada; resina; flexão.

BENDING STRENGTH: COMPARATIVE STUDY OF GLULAM BEANS WITH EPOXY, ISOPHTHALIC AND POLYURETHANE RESINS

ABSTRACT - Wood is a natural composite material made up of cellulose, hemicellulose and lignin fibers. The cellulose fibers are resistant and flexible, while hemicellulose is poorly resistant and hydrolysable, both of them are surrounded by lignin, which makes the resin paper more rigid than the previous two. The wood lamination and bonding process improves its stiffness and resistive capacity, as well as eliminating significant defects such as knots. This study aimed to compare three types of adhesive in relation to flexural strength and elastic modulus of glued laminated wood (Glulam) pieces. It was concluded that epoxy and polyurethane resins increase the flexural strength of the pieces by 10% compared to the isophthalic polyester resin and that the polyurethane resin increased the elastic modulus of the pieces by 1200% compared to the other resins.

Keywords: glulam; resin; bending.

1. INTRODUÇÃO

O uso de materiais compósitos vem sendo utilizado em engenharia de estruturas e também em estruturas de madeira. Um material é considerado compósito quando é constituído por um conjunto de materiais associados para realizarem uma função que os materiais constituintes isoladamente não poderiam exercer ou exerceriam de maneira pobre.

Panshin e Zeeuw (1970) descreveram a madeira como um exemplo natural de compósito, altamente complexo, composto por fibras, principalmente celulose, dispersa numa matriz de lignina e hemicelulose.

A madeira laminada colada (MLC) é exemplo de material compósito, pois melhora as características da madeira natural, seja eliminando seus defeitos (como nós), seja aumentando sua rigidez mecânica. Segundo Bodig e Jayne (1982), a laminação permite a formação de um conjunto estrutural mais eficaz e é uma solução para melhor aproveitamento da madeira.

O presente trabalho tem como objetivo melhorar as capacidades da madeira através da laminação e colagem e, comparando três tipos de resina diferente, determinar qual a melhor resina em relação a módulo de elasticidade e resistência à flexão.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Madeira Laminada Colada

A madeira laminada colada (MLC) vem do processo de colagem de laminas de madeira, através do qual possibilita-se a fabricação de peças de madeira mais robustas, cujas dimensões raramente são encontradas na natureza.

Segundo Fiorelli e Dias (2011) e as lâminas devem ter espessura inferior a 50mm e devem ser coladas tendo suas fibras orientadas de forma que estejam paralelas entre si e paralelas ao eixo de maior comprimento, chamado de comprimento longitudinal.

Anshari et al (2012) destaca como uma vantagem da MLC a redução da variabilidade do produto final, pois durante sua fabricação as características negativas da madeira são reduzidas, como nós e fissuras. Miotto (2009) destacou como outra vantagem a possibilidade de criar pelas de diferentes formatos, como vigas de seção variável ao longo de seu comprimento.

2.1.1 Adesivos utilizados na Madeira Laminada Colada

Segundo Frihart e Hunt (2010) o adesivo possui fatores químicos e mecânicos que são responsáveis pela adesão. A madeira, por ser um material poroso, utiliza-se do fator mecânico da adesão, uma vez que uma parte do adesivo é incorporado na estrutura molecular da madeira. Os mesmos autores salientam que a ligação entre adesivo e madeira deve ser tão resistente quanto a própria madeira.

A penetração do adesivo na estrutura celular da madeira ocorre por penetração grossa (ou bruta) e penetração pela parede celular. A penetração grossa é dada pelo travamento devido a compressão da madeira contra o adesivo, enquanto a penetração da parede celular é a difusão do adesivo nas paredes celulares como resultado do carregamento dos elementos do adesivo pelos poros da madeira, pois, buscando o equilíbrio de umidade a madeira aspira o adesivo. (Kamke e Lee, 2007).

Lehringer e Gabriel (2014) afirmam que não se sabe se adesivos poliuretanos podem realmente penetrar nas paredes celulares de madeiras densas, por esta razão, pode-se teorizar que a maior parte da penetração do adesivo se dá através dos elementos vasculares da madeira.

Sterley (2012) teorizou que quanto mais profunda é a penetração do adesivo, maior é a resistência da cola por melhorar a distribuição das tensões na linha da cola.

Um grande número de adesivos está disponível no mercado na atualidade, porem algumas resinas são utilizadas mais frequentemente devido a fatores econômicos ou resistivos.

Estudos realizados por Plevris e Triantafillou (1992) com adesivos epóxi não reportaram nenhuma falha diretamente ligada ao adesivo.

Thenkston (1965) comparou adesivo a base de agua e resina epóxi em reforços de fibra de vidro e concluiu que adesivos a base de agua tem performance muito inferior à adesivos epóxi, abandonando estes a partir de então para este uso.

Spaun (1982) utilizou adesivo a base de fenol formaldeído para reforço de ligações dentadas em de vigas utilizando fibra de vidro e notou que a resistência à flexão das vigas aumentou significativamente.

Rowlands et al (1986) conduziram um completo estudo sobre adesivos para reforço de madeira com fibras, onde foram testados dez tipos de adesivos diferentes, incluindo epóxi, adesivos a base de fenol formaldeídos e adesivos a base de isocianeto, os resultados mostraram que sob condições normais os adesivos epóxi tem excelente desempenho, enquanto os adesivos a base de fenol formaldeído e isocianatos não se mostraram adequados.

2.2 Resina Epóxi

Desde o final do século XIX compósitos epóxi eram sintetizados, mas, segundo Caston (1938), foi em 1936 que se descobriu as resinas epóxi através da reação do éter diglicidílico de bisfenol-A (DGEBA) com anidrido ftálico. Em 1947 as resinas de epóxi estrearam comercialmente nos EUA pela Devoe-Raynolds Company.

Segundo Rosato & Rosato (2004), as principais características do epóxi são:

- Excelente propriedade em compósitos
- Muito boa resistência química e elétrica
- boas propriedades térmicas
- baixa contração na cura
- longos ciclos de cura

- melhores propriedades obtidas em altas temperaturas de cura.

2.3 Resina Poliéster Isoftálica

Segundo Rosato & Rosato (2004), o poliéster possui boas características como:

- fácil uso
- cura em temperatura ambiente
- ótimas propriedades em compósitos
- boa resistência química
- boas propriedades elétricas

Porém, como características negativas são citadas:

- Emissão de estireno
- contração durante a cura
- inflamável

2.4 Resina Poliuretana

A resina poliuretana tem boas características como:

- boas propriedades em compósitos
- muito boa resistência química
- alta dureza (resistência ao impacto)
- boa resistência à abrasão

Algumas características são citadas como negativas:

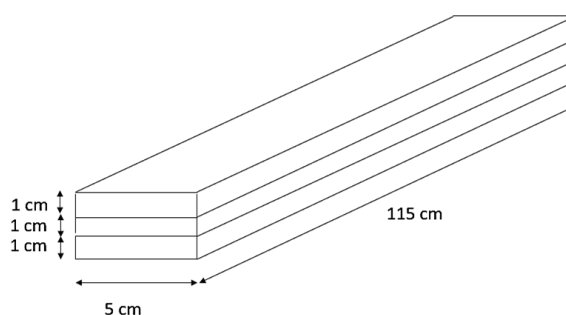
- cor
- isocianatos como agentes de cura

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Os procedimentos experimentais seguiram a NBR7190 - Projeto de estruturas de madeira (1997) com o intuito de se verificar a flecha máxima e carga máxima suportada por cada tipo de resina utilizada na colagem das lâminas de madeira.

Toda a madeira laminada utilizada para o ensaio pertence a espécie Pinus (Pinus Elliotti). Foram extraídas lâminas de dimensões 1x5x115 cm e foram coladas com cada uma das resinas propostas no Quadro 1, formando um corpo de prova laminado como o esquema mostrado na figura 1.

Figura 1. Dimensões do corpo de prova laminado



Fonte: Próprios autores.

Tabela 1. Variáveis a serem consideradas na avaliação de técnicas de interação.

Tipo de resina	Quantidade de corpos de prova
Epóxi (EP)	6
Poliéster Isoftálica (PI)	6
Poliuretana (PU)	6

Fonte: Próprios Autores

O adesivo poliuretano utilizado foi do tipo PUR, do fabricante Tekbond, que não possui catalizador. O adesivo poliéster isoftálico utilizado possui catalizador que deve ser adicionado a mistura na proporção 1:100 (1% de catalizador). Já o adesivo epóxi, foi utilizada a proporção 1:1 entre adesivo e endurecedor. As resinas foram aplicadas em cada corpo de prova igualmente em cada camada, tomando-se cuidado para que a quantidade de resina aplicada em cada lâmina fosse uniformemente distribuída.

Figura 2. Corpo de prova com 3 lamelas já resinadas

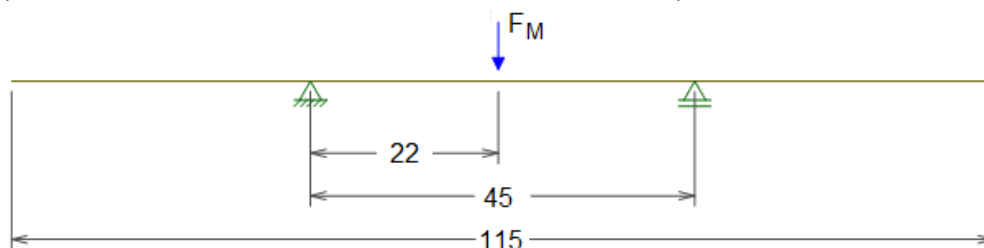


Fonte: Próprios autores.

Após a colagem das lâminas, os corpos de prova secaram em temperatura controlada de $21^{\circ}\text{C}\pm 2$ por 48 horas.

O ensaio de flexão simples foi realizado com a utilização da máquina universal de ensaios exercendo carga de 10 MPa por minuto através de um cutelo centralizado entre dois apoios espaçados 45 cm entre si.

Figura 3. Esquema estático, em centímetros, do ensaio de flexão simples utilizado



Fonte: Próprios autores.

Os resultados são obtidos em toneladas, de tal forma que devem ser convertidos para tensão normal de flexão pela equação:

$$\sigma = \frac{M}{I} \times y \quad (1)$$

Onde

σ é a Tensão de flexão normal

M é o momento máximo causado pela carga do cutelo em toneladas

I é a Inercia da seção transversal da peça

y é a distância entre a linha neutra e o ponto de máxima tensão da peça

Afim de se obter o deslocamento provocado pela carga durante o ensaio, foi utilizado o sensor ultrassônico HC-SR04 com precisão de 0,01cm (Figura 3)

Figura 4. Corpo de prova (madeira laminada colada) durante ensaio com sensor ultrassônico sob ele

Fonte: Próprios autores.

Segundo a ABNT PN – 02:126.10-001-1 – Método de Ensaio de Caracterização de peças estruturais de madeira (2016), os resultados do ensaio de flexão servem para determinação da resistência e da rigidez da madeira ao mesmo efeito.

A resistência da madeira à flexão pode ser calculada por:

$$f_M = \frac{M_{max}}{W_e} \quad (2)$$

Sendo

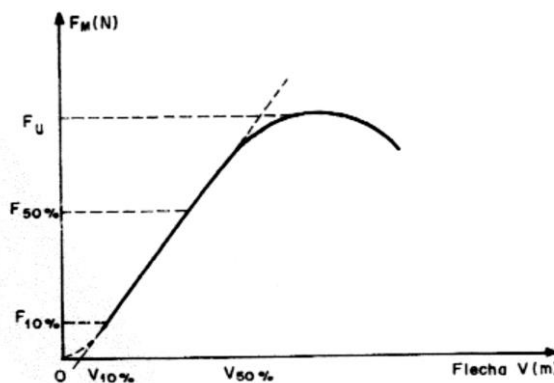
f_M a resistência da madeira à flexão

M_{max} o máximo momento aplicado ao corpo de prova em N.mm

W_e o módulo de resistência elástico da seção transversal do corpo de prova em mm^3 , dado por:

$$W_e = \frac{b \times h^2}{6} \quad (3)$$

Os parâmetros b e h correspondem a largura e à altura da seção transversal, respectivamente.

Figura 5. Diagrama força versus deslocamento (ou flecha)

Fonte: ABNT NBR 7190 (1997)

Já a rigidez da madeira à flexão é caracterizada pelo módulo de elasticidade determinado no trecho linear do diagrama força versus deslocamento, cuja inclinação da reta secante à curva de força versus deslocamento no meio do vão, definida pelos pontos $(F_{10\%}; V_{10\%})$ e $(F_{50\%}; V_{50\%})$ correspondentes a 10% e 50% da força máxima, que, aplicando-se a equação:

$$E_{M0} = \frac{(F_{M50\%} - F_{M10\%}) \times L^3}{(v_{50\%} - v_{10\%}) \times 4bh^3} \quad (4)$$

Sendo

E_{m0} o módulo de elasticidade à flexão

$F_{m10\%}$ e $F_{m50\%}$ são as forças correspondentes a 10% e 50% da força máxima estimada ao corpo de prova, em Newton (N)

$V_{10\%}$ e $V_{50\%}$ são deslocamentos no meio do vão correspondentes a 10% e 50% da força máxima estimada, em mm.

4.RESULTADOS

Foram obtidos resultados de deslocamento e carga máxima suportada após ruptura dos corpos de prova à flexão. Todos os corpos de prova foram ensaiados em mesma temperatura e umidade e os resultados encontram-se nas tabelas a seguir para os laminados colados com resinas epóxi, poliéster e poliuretana, respectivamente.

Tabela 2. Deslocamentos em mm verificados para cada corpo de prova ensaiado e tensão máxima suportada para corpos de prova (CP) colados com resina Epoxi (EP)

Corpo de prova	Deslocamento (mm)	Carga (ton)
EP 1	3,66	1,18
EP 2	3,38	1,28
EP 3	3,33	1,34
EP 4	3,38	1,33
EP 5	4,15	1,28
EP 6	2,41	1,18
Média	3,39	1,27
Desvio Padrão	0,57	0,07

Fonte: Próprios Autores

Os resultados do ensaio de flexão para corpos de prova laminados colados com resina epóxi se mostraram confiáveis visto que o desvio padrão para deslocamento e para carga aplicada são pequenos, próximos à média.

Tabela 3. Deslocamentos em mm verificados para cada corpo de prova ensaiado e tensão máxima suportada para corpos de prova (CP) colados com resina Poliester Isoftalica(PI)

Corpo de prova	Deslocamento (mm)	Carga (ton)
PI 1	4,31	1,15
PI 2	4,74	1,15
PI 3	3,76	1,12
PI 4	2,73	1,14
PI 5	5,45	1,11
PI 6	6,05	1,13
Média	4,51	1,13
Desvio Padrão	1,19	0,02

Fonte: Próprios Autores

Já os corpos de prova laminados colados com resina poliéster isoftálica mostrar um desvio padrão maior em relação as outras resinas quanto a deslocamento, já quanto ao desvio padrão dos resultados de carga aplicada é considerado aceitável, dentro do padrão, quando comparado às outras resinas.

Tabela 4. Deslocamentos em mm verificados para cada corpo de prova ensaiado e tensão máxima suportada para corpos de prova (CP) colados com resina Poliuretana (PU)

Corpo de prova	Deslocamento (mm)	Carga (ton)
PU1	3,76	1,10
PU2	4,71	1,20
PU3	4,20	1,23
PU4	5,32	1,18
PU5	4,15	1,31
PU6	3,87	1,24
Média	4,34	1,21
Desvio Padrão	0,58	0,07

Fonte: Próprios Autores

Observa-se resultados menores quanto ao deslocamento (flecha) para os corpos de prova laminados colados com resina epóxi, esta característica é considerada importante.

Aplicando-se a equação (2) é possível determinar a resistência à flexão das peças.

Tabela 5. Resistência à flexão calculadas para os três tipos de resina

Corpo de prova	$f_{M,EP}$	$f_{M,PI}$	$f_{M,PU}$
	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)
CP1	16,59	16,17	15,47
CP2	18,00	16,17	16,88
CP3	18,84	15,75	17,30
CP4	18,70	16,03	16,59
CP5	18,00	15,61	18,42
CP6	16,59	15,89	17,44
CP7	17,79	15,94	17,02
Média	17,79	15,94	17,02
Desvio Padrão	0,90	0,21	0,90

Fonte: Próprios Autores

Aplicando-se a equação (3) é possível determinar o módulo de elasticidade das peças.

Tabela 6. Módulo de elasticidade calculados para os corpos de prova colados com os três tipos de resina

Corpo de prova	$E_{M0,EP}$	$E_{M0,PI}$	$E_{M0,PU}$
	(MPa)	(MPa)	(MPa)
CP1	29500	129375	742500
CP2	66462	59712	135000
CP3	69577	28000	166050
CP4	21375	64125	796500
CP5	19636	68114	176850
CP6	61269	69341	76091
Média (MPa)	44637	69778	348832
Desvio Padrão (MPa)	23538	32965	328171

Fonte: Próprios Autores

4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A análise de variância ANOVA foi aplicada aos resultados de módulo de elasticidade afim de se verificar se há diferença significativa entre os grupos separados por tipo de resina utilizada.

Tabela 7. Anova aplicada aos grupos diferentes de resina

valor-P	F crítico
0,02613	3,68232

Fonte: Próprios Autores

O valor-P resultante da ANOVA é menor que o coeficiente de confiança adotado para a análise (0,05), portanto há diferença significativa entre os grupos, ou seja, o módulo de elasticidade difere quando são utilizadas resinas diferentes entre si.

A análise ANOVA também foi aplicada aos resultados de resistência à flexão (f_M) e a resistência à flexão também tem diferença significativa quando são utilizadas diferentes resinas.

Tabela 8. Anova aplicada aos grupos diferentes de resina

valor-P	F crítico
0,000786	3,554557

Fonte: Próprios Autores

Em relação aos valores obtidos de módulo de elasticidade (EM_0), quando estes são comparados aos valores de módulo de elasticidade encontrados na literatura, há uma grande discrepância.

Tabela 9. Anova aplicada aos diferentes grupos de resina

Corpo de prova	E_{M_0} (MPa)
Pinus elliotti (Calil, 1998)	11889
Média CPs, Epoxi	23538
Média CPs, Poliéster	32965
Média CPs, Poliuretana	328170

Esta discrepância tem provável motivo na escolha das dimensões do corpo de prova para ensaio. Enquanto que na norma vigente indica-se realizar o ensaio de flexão em um corpo de prova cujo vão entre apoios seja igual a 21 vezes a altura da peça, foi utilizada a distância entre apoios igual a 15 vezes a altura da peça, gerando um erro relativamente. Porém, para comparação entre módulos de elasticidade de corpos de prova realizados com a mesma seção transversal, como foi o caso, é validada a comparação entre os corpos de prova levando-se em consideração a troca de resinas entre lâminas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quanto a resistência a flexão final, a resina poliuretana e epóxi de mostraram melhores que a resina poliéster isoftálica, com aumento de 10% na resistência final.

Quanto a rigidez da madeira, a resina poliuretana se mostrou melhor, com resultado 1200% melhor que os demais.

Para a simples comparação entre a resistência à flexão de vigas de madeira laminadas coladas com diferentes tipos de resina e também módulo de elasticidade, o ensaio realizado e resultados obtidos foram suficientes, o que pode ser comprovado nos desvios padrões e médias condizentes a ensaios de madeira. Porém, para melhor precisão no ensaio, deve-se atender o requisito de norma quanto a distância entre apoios ser igual a 21 vezes a altura da seção transversal, assim, os valores obtidos serão condizentes com os valores da literatura.

Afim de se obter uma melhor análise da diferença de resistência e de módulo de elasticidade em vigas de madeira laminada colada com diferentes resinas indica-se, para um trabalho futuro, que sejam retirados dos corpos de prova os nós e defeitos da madeira, realizando-se emendas dentadas, que seja

levada em consideração a densidade da peça, fator de grande variabilidade que pode alterar os resultados de resistência e módulo de elasticidade.

REFERÊNCIAS

ANSHARI, B., GUAN, A.C, Z.W., KITAMORI, A., JUNG, K., KOMATSU, K. Structural behavior of glued laminated timber beams pre-stressed by compressed wood. **Construction and Building Materials**. v. 29, p. 24–32, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.10.002>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 7190**. Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. CEE-126 PN 02:126.10-0001-3: Madeiras – Ensaio de caracterização de peças estruturais de madeira. Rio de Janeiro, 2016.

BILYEU, B., BROSTOW, W., MENARD, K. P. Epoxy thermosets and their applications I: chemical structures and applications. **Journal of Materials Education**, v. 21, n. 5/6, p. 281 286, 1999.

BODIG, J.; JAYNE, B. A. **Mechanics of wood and wood composites**. New York: V. N. Reinhold, 1982. 712 p
CASTON, P. European Patents CH 211116 (1938). 1938.

FIORELLI, J., DIAS, A. A. Glulam beams reinforced with FRP externally-bonded: theoretical and experimental evaluation. **Materials and Structures**. V. 44, p.1431–1440, 2011. <https://doi.org/10.1617/s11527-011-9708-y>

FRIHART, C. R.; HUNT, C. G. Adhesives with wood materials bond formation and performance. In: FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Wood Handbook: Wood as an Engineering Material**. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 2010.

KAMKE, F.A. & LEE J.N. Adhesive penetration in wood – A review, *Wood and Fiber Science*, 39(2), 205–220. 2007.

LEHRINGER, C.&E GABRIEL, J. (2014) Review of Recent Research Activities on One Component PUR Adhesives for Engineered Wood Products. In: Aicher S., Reinhardt HW., Garrecht H. (eds) *Materials and Joints in Timber Structures*. RILEM Bookseries, vol 9. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7811-5_37

MIOTTO, J. L.; DIAS, A. A. Produção e avaliação de vigas de madeira laminada colada confeccionadas com lâminas de eucalipto. *Revista Tecnológica, Edição Especial ENTECA 2009*, p.35-45, 2009.

PANSHIN, A. J.; ZEEUW DE, C. *Textbook of Wood Technology*. New York: McGraw-Hill, 1970. 705p.

PLEVRIS, N., AND TRIANTAFILLOU, T.C., 1992, "FRP Reinforced Wood as Structural Material", *Journal of Structural Engineering*, 4(3), August, pp 300-317. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0899-1561\(1992\)4:3\(300\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0899-1561(1992)4:3(300))

ROWLANDS, R.E., DEWEGHE, R.P.V., LAUFENBERG, T.L., AND KRUEGER, G.P., 1986, "FiberReinforced Wood Composites", *Wood and Fiber Science*, 18(1), pp 39-57.

ROSATO, D., ROSATO, D. *Reinforced Plastics Handbook*. 2004, Elsevier Science, 3° Edition, pp. 1082. <https://doi.org/10.1016/B978-185617431-2/50018-9>

SPAUN, F.D., 1981, "Reinforcement of Wood with Fiberglass", *Forest Products Journal*, 31(4), pp 26-33.
STERLEY, M. Characterisation of green-glued wood adhesive bonds, Doctoral dissertation, Linnaeus University, Sweden. 2012. <https://doi.org/10.1617/s11527-012-9911-5>

THENKSTON, F.H., 1965, "A Feasibility Study for Strengthening Timber Beams with Fiberglass", Canadian Agricultural Journal, January, pp 17 19.

UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS POLIMÉRICOS RECICLADOS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO

Bárbara Garrido¹, Bruna Pereira², Julia de Galles³, Vitória Cristina⁴

Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE. E-mail: barbaragarrido3107@hotmail.com¹; bruninhaa_pereira3@hotmail.com²; juliadegalles@hotmail.com³; vitoria-nonato@hotmail.com⁴

RESUMO – Atualmente, com o grande e rápido crescimento populacional, o consumo de matérias-primas tem se tornado muito grande. A reciclagem dos materiais plásticos, é uma alternativa que diminui custos, preserva os recursos naturais existentes e vem crescendo em todo o mundo. Assim com esse intuito, teve-se a ideia de substituir parte da areia por materiais poliméricos. Neste trabalho, pretende-se analisar misturas de concreto com a adição PET e fibras de pneus como substitutos de parte da areia, em diferentes porcentagens, visando um material para uso não estrutural. Essas misturas analisadas em laboratório e comparadas quanto a sua resistência a compressão. Os resultados obtidos foram menores que 15mPa, confirmando que esse concreto deve ser de uso não estrutural. Com a substituição de parte do agregado miúdo por materiais poliméricos, obteve-se um concreto mais leve. Esse tipo de concreto também poderia ser utilizado em guias e calçadas, por exemplo.

Palavras-chave: Concreto¹, Reciclagem², PET³, Pneu⁴

USE OF POLYMERIC MATERIALS RECYCLED IN STRUCTURES OF CONCRETE

ABSTRACT - Today, with the large and rapid population growth, the consumption of raw materials has become very large. Recycling plastics is a cost-effective alternative, preserving existing natural resources and growing all over the world. Thus, the idea was to replace part of the sand with polymeric materials. In this work, we intend to analyze concrete mixtures with the addition of PET and tire fibers as sand substitutes, in different percentages, aiming at a material for non-structural use. These mixtures are analyzed in the laboratory and compared for their compressive strength. The results obtained were less than 15mPa, confirming that this concrete must be of nonstructural use. By replacing part of the fine aggregate with polymeric materials, a lighter concrete was obtained. This type of concrete could also be used for guides and sidewalks, for example.

Keywords: Concrete¹, Recycling², PET³, Tire⁴

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVAS

A indústria da construção civil é reconhecida como uma das mais importantes atividades para o desenvolvimento econômico e social, mas por outro lado, comporta-se ainda como grande geradora de impactos ambientais (Pinto, 2005). A cadeia produtiva da construção civil consome entre 20 e 50% dos recursos naturais de todo o planeta (John, 2001).

A destinação inadequada dos resíduos oriundos do processo construtivo gera problemas como o esgotamento de aterros sanitários (esses resíduos chegam a mais de 50% do volume de resíduos depositados em aterros), a obstrução do sistema de drenagem urbana e a proliferação de insetos e roedores. Provoca, ainda, a contaminação de águas subterrâneas pela penetração no solo de metais de alta toxicidade e o desperdício de materiais recicláveis, com conseqüente prejuízo aos municípios e à saúde pública (BLUMENSCHIN, 2007).

Existem diversas pesquisas sobre a inclusão de novos materiais no concreto no intuito de preservar o meio ambiente e melhorar as suas propriedades. Dentro dessa busca por materiais novos e ecologicamente corretos para a construção civil e com o intuito de reduzir o consumo de recursos naturais, surge a ideia da substituição parcial da areia por materiais poliméricos, especialmente os polímeros commodities que apresentam uma maior demanda de produção e consumo pela sociedade (AHMADINIA, et al., 2011; FRIGIONE, 2010).

Um dos resíduos que ocupa maior volume nos aterros sanitários são os plásticos, devido suas aplicações terem evoluído rapidamente em todo o mundo e ao elevado tempo que este produto leva para se degradar (GORNI, 2013).

O Politereftalato de etileno (PET) é um tipo de plástico largamente utilizado para fabricação de embalagens e de diversos outros produtos porque apresenta boa resistência mecânica, química e térmica. Devido à crescente utilização deste material e ao descarte inadequado no meio ambiente, tornou-se imperativo o estudo e o conhecimento de suas propriedades buscando novos usos numa tentativa de atingir sua máxima utilização (FREIRE e REYES, 2009).

Os Resíduos de garrafa PET vêm sendo uma alternativa na construção civil, devido ao grande potencial de suas fibras. São exemplos da utilização do PET: torneira, tubos e conexões, telhas, piscinas, bancadas, tintas, caixa d'água e concreto armado. Esse é um reflexo da busca de novas técnicas mais eficientes para o melhor aproveitamento dos recursos materiais e financeiros disponíveis, eliminando assim os desperdícios e reduzindo os custos, prazos e agregando valor ao produto final (SILVA e ALMEIDA, 2010).

A adição de PET ao concreto proporciona uma redução da massa específica do concreto e argamassa, contribuindo para a produção de concretos leves. Além disso, também possui um apelo ambiental, pois são utilizados milhares de garrafas que poderiam ser descartadas inadequadamente no meio ambiente (CHOL, et al., 2005).

Atualmente os estudos da incorporação do PET com o concreto, vêm se fortalecendo devido à busca de aprimorar a durabilidade e resistência do mesmo.

O descarte de pneus também é um problema ambiental grave ainda sem uma destinação realmente eficaz. Conforme Monteiro et al (2001), muitos são os problemas ambientais gerados pela destinação inadequada dos pneus. Se deixados em ambiente aberto, sujeito as chuvas, os pneus acumulam água, servindo como local para a proliferação de mosquitos; se encaminhados para aterros convencionais, provocam 'ocos' na massa de resíduos, causando a instabilidade do solo; se destinados à incineração gera enormes quantidades de material particulado e gases tóxicos.

A reutilização do pneu como agregado do concreto pode assumir um papel importante na preservação do meio ambiente, pois, além de diminuir a extração de recursos naturais, como a areia e a brita, também pode diminuir o acúmulo desses resíduos nas áreas urbanas. (ROMUALDO et al., 2011).

Segundo Benson (1995, apud KAMIMURA, 2002), a utilização dos pneus triturados em vez dos materiais de construção utilizados convencionalmente, apresenta diversos benefícios: densidade reduzida, melhor propriedades de drenagem e, melhor isolamento térmica e acústica. Albuquerque et al. (2006) diz que o concreto com adição de borracha de pneu pode ser um material ideal quando submetido a efeitos de impacto e, que não necessita de alta resistência mecânica.

Segundo Dhir et al. (2003) o concreto adicionado de resíduo de borracha aumenta a incorporação de ar na mistura, colaborando com a resistência ao gelo-degelo. Contribuindo em muito na sua utilização em construções que ficam expostas a baixas temperaturas.

Siddique e Naik (2004) sugerem várias utilizações para o concreto com adição de resíduos de borracha de pneu. Dentre elas encontram-se: locais onde é necessário o amortecimento de vibrações, locais onde resistência ao impacto é necessária, fachadas, entre outros.

De modo geral as composições que são adicionadas borracha de pneu são indicadas para uso em elementos que exijam baixa resistência mecânica, menor peso e absorção de água, bom isolamento térmico e acústico além de resistência ao impacto. Assim, a substituição de parte do agregado miúdo por borracha de pneu pode contribuir para a preservação dos agregados naturais e oferecer um modo alternativo de reciclagem para a borracha de pneu.

2. OBJETIVO DO TRABALHO

O presente trabalho tem por objetivo estudar e avaliar a resistência à compressão de um concreto produzido com resíduos de polietileno tereftalato (PET) e fibras de pneus inservíveis, para fins não estruturais, ao substituir gradativamente a areia lavada na estrutura.

3. METODOLOGIA

Com a finalidade de otimizar a porcentagem de materiais poliméricos reciclados na incorporação da mistura do concreto, foi realizado diferentes dosagens e diferentes granulometrias de polietileno tereftalato (PET) e fibras de pneus inservíveis em substituição parcial do agregado miúdo.

Para analisar os teores de adição foram realizadas misturas de concreto com adição das seguintes porcentagens dos materiais: polietileno tereftalato (PET) e fibras de pneus inservíveis, em diferentes teores (2,5; 5,0; 7,5; 10; 12,5%), em substituição parcial do agregado miúdo (GALVÃO, 2008). Foram preparados também corpos-de-prova sem substituição de agregados que serviram como o concreto de referência (CR).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Traço do concreto

O traço em massa de referência utilizado foi 1: 2,65: 2,75 (cimento CP II - Z - 32: areia lavada média: brita 1), fator água cimento 0,57 e 8,86 gramas de aditivo Vedacit. Sendo assim, para preencher os corpos de prova, com volume de 1571 centímetros cúbicos, utilizou-se 594,55 gramas de cimento, 1573,2 gramas de areia, 1635,5 gramas de brita, 340,4 mililitros de água e 8,86 gramas de aditivo.

Nos corpos de prova em que foram adicionados polietileno tereftalato (PET) e fibras de pneus inservíveis, na mistura do concreto, foram utilizadas as seguintes porcentagens em substituição do agregado miúdo, 2,5; 5,0; 7,5; 10; 12,5%.

4.2. Caracterização dos materiais

O cimento utilizado foi do tipo portland composto CP II - Z - 32, o agregado graúdo utilizado foi tipo pedra brita nº1 e o agregado miúdo do tipo areia lavada grossa. A escolha do tipo de cimento CP II - Z - 32 foi devido às pesquisas científicas já realizadas sobre o tema, em que foi constatado que a utilização de cimento com maior resistência inicial não representa a otimização na obtenção dos resultados (GRNZOTTO, 2010).

A granulometria dos materiais reciclados foram semelhantes à areia lavada média (grânulos finos). Para incorporação à mistura do concreto os materiais reciclados passaram apenas pelo processo de peneiração, com vistas em minimizar os custos e facilitar o processamento, buscando-se também a viabilidade econômica da reutilização deste material.

4.3. Ensaios dos experimentos

Os corpos de prova foram moldados conforme as diretrizes estabelecidas na norma ABNT NBR 5738. O molde utilizado para os corpos de prova está mostrado na figura 1 a seguir:

Figura 1. Molde cilíndrico dos corpos de prova.



Fonte: Autores

O concreto simples é um material composto basicamente por cimento, água, agregado miúdo (areia), agregado graúdo (pedra brita) e ar. A NBR 6118 (2014) define elementos de concreto simples como

"elementos estruturais elaborados com concreto que não possuem qualquer tipo de armadura, ou que a possuem em quantidade inferior ao mínimo exigido para o concreto armado."

A mistura do concreto foi feita a mão, seguindo o roteiro de etapas da mistura em: todo o agregado graúdo, o agregado miúdo natural, cimento, fibras de pneu ou PET, aditivo e por fim, água aos poucos.

Para cada traço foram moldados 10 corpos de prova (CPs) com adição de PET, cilíndricos com dimensões de 100mm por 200mm, 5 corpos de prova com adição de fibras de pneu e dois sem substituição de agregados usado como referência. Após este procedimento os CPs foram levados para a câmara úmida para entrar no processo de cura.

A figura 2 a seguir apresenta os corpos de prova desenformados, prontos para serem levados até a câmara úmida.

Figura 2. Copos de prova desenformados.



Fonte: Autores.

Posterior ao processo de produção e cura do concreto foram submetidos ao ensaio de compressão, no qual se objetiva obter a resistência à compressão do concreto. Os resultados referem-se ao valor obtido após o rompimento de cada corpo de prova moldados para cada teor de agregado, aos 14 (quatorze) e 28 (vinte e oito) dias, sendo que os ensaios dos experimentos compostos por fibras de pneu foram realizados apenas com 28 dias.

AS figuras 3 e 4 a seguir mostram os corpos de prova sendo submetidos ao ensaio de compressão do concreto.

Figura 3. Copo de prova submetido ao ensaio de compressão.



Fonte: Autores.

Figura 4. Copo de prova submetido ao ensaio de compressão.



Fonte: Autores

Todos os experimentos foram realizados no laboratório de Engenharia Civil no bloco B3 da Faculdade de Engenharia Algacyr Munhoz Maéder, da Universidade do Oeste Paulista - UNOESTE, localizado no Campus II.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.

Os resultados que seguem foram os obtidos para os testes de compressão dos corpos de prova com adição de PET, ilustrados na Tabela 1.

Tabela 1. Resistências a compressão dos corpos de prova com PET, nas diferentes proporções, em Mpa.

Traço	Idade do Concreto	
	14 dias	28 dias
Piloto	13,51	16,25
2,5%	11,74	13,72
5%	12,19	13,51
7,5%	9,57	11,67
10%	9,01	8,51
12,5%	8,13	9,39

Fonte: Autores.

Os próximos resultados, foram os obtidos para os testes de compressão dos corpos de prova com adição de fibras de pneu, ilustrados na Tabela 2.

Tabela 2. Resistências a compressão dos corpos de prova com fibras de pneu, nas diferentes proporções, em Mpa.

Traço	Idade do Concreto	
	14 dias	28 dias
Piloto	13,51	16,25
2,5%	11,74	10,51
5%	12,19	12,03
7,5%	9,57	9,08
10%	9,01	7,07
12,5%	8,13	5,45

Fonte: Autores.

Verifica-se que quanto menor a incorporação de resíduo de pneu no concreto, melhor será sua resistência mecânica à compressão. Contudo, segundo Romualdo (2011), o concreto com adição de resíduo de pneu perde na resistência, porém ganha em flexibilidade.

Em partes a menor resistência do pneu seu deu por conta das bicheiras que surgiu nos corpos de prova, como mostra a figura 5 a seguir:

Figura 5. Bicheiras existentes em alguns corpos de prova com adição do pneu.

Fonte: Autores.

Para todos os traços obtidos e, em todas as amostras ensaiadas, pode-se notar uma tendência de redução da resistência mecânica com o aumento da fração volumétrica de substituição de agregados.

6. CONCLUSÃO

Pode-se concluir neste trabalho que, a substituição de grandes porcentagens tanto de PET quanto de fibras de pneu, reduziu muito a resistência das amostras, não sendo satisfatórios. Enquanto a substituição de baixas porcentagens alcançou até 12 Mpa aos 28 dias.

Com a substituição ganhou-se a redução de peso da estrutura sendo assim uma uma solução satisfatória quando se procura por peças de concreto mais leves, aliviando o peso estrutural e cargas adicionais.

Conclui-se também que o concreto produzido com PET e com as fibras de pneu, poderia ser usado para fins não estruturais. Pode ser usado em peças para pavimentação, blocos para alvenaria de vedação, contrapisos, calçadas, guias, sarjetas, capas para lajes pré-moldadas, material de enchimento (em escadas, rebaxos de nível, base de enchimento para pisos térreos de edificações) etc.

REFERÊNCIAS

AHMADINIA, Z.M; ZAGAR, M; KARIM, M.H; ABDELAZIZ, M; SHAFIGH, P.; Using waste plastic bottles as additive for stone mastic asphalt Mater Design, 2011. – 10 : Vol. 32. – pp. 4844-4849. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2011.06.016>

ALBUQUERQUE, A. C.; ANDRADE, W. P.; HASPARYK, N. P.; ANDRADE, M.A.S.; BITENCOURT, R. M. Adição de Borracha de Pneu ao Concreto Convencional e Compactado com Rolo. In: ANAIS DO ENTAC. 2006.

BLUMENSCHHEIN, R. A. Manual Técnico: Gestão de Resíduos Sólidos em Canteiro de Obras. Brasília: SEBRAE/DF. 2007.48 p.

CHOI, Y.M.; MOON, D.J.; CHUNG, J.S; CHO, S.K; Effects of waste PET bottles aggregate on the properties of concrete. Cem Concr Res 2005; Vol 35 – pp 776-81. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2004.05.014>

CONCRETO, 2013. Disponível em: <http://www.totalmix.com.br/construcao/index.php/servicos/concreto>.

- DHIR, R., PAINE, K. e MORONEY, R. Recycling of used tyres in concrete. Concrete, London, v.37, No.9, p.47-48, 2003.
- FREIRE, MT. de A. REYES, F.G.R. A importância do polietileno tereftalato (PET) na indústria de embalagens para alimentos. Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de alimentos. 2009.
- GALVÃO, J. C. A.; PORTELLA, K. F.; JOUKOSKI, A.; LOBO, L. F. M. Concreto com Adição de Materiais Poliméricos Reciclados. In: 50º Congresso Brasileiro do Concreto. Anais. Salvador: Ibracon, 2008 b.
- GORNI, Antonio Augusto. Introdução aos plásticos. Revista Eletrônica Plástico Industrial. 2013.
- GRANZOTTO, Laura. Concreto com adições de borracha: Uma alternativa ecologicamente viável. Maringá, 2010. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana- Universidade Estadual de Maringá.
- JOHN, V. M. Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento. São Paulo, 2000. 113p. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.
- KAMIMURA, E. Potencial de utilização dos resíduos de borracha de pneus pela indústria da construção civil. Dissertação de mestrado (Vinculada ao programa de pós-graduação em engenharia civil da UFSC). Florianópolis/SC, 127p, 2002.
- MONTEIRO, J. H. P. et al, 2001. Gestão integrada de resíduos sólidos: manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, RJ: IBAM, 2001. p. 31.
- ROMUALDO, A. C. A.; SANTOS, D. E.; CASTRO, , L. M.; MENEZES, , W. P.; PASQUALETTO, A.; SANTOS, O. R. Pneus inservíveis como agregados na composição de concreto para calçadas de borracha. In: 3rd International workshop advances in cleaner production. São Paulo, Brasil, 2011.
- SIDDIQUE, R.; NAIK, T. R. Properties of concrete containing scrap-tire Rubber – an overview. Waste Management, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2004.01.006>
- SILVA, F.A.; ALMEIDA, L. P. A. Estudo da viabilidade Técnica do uso de concreto celular adicionado de PET triturado na fabricação de residências e seu impacto ecológico. XXX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Sao Paulo, 2010.

RESUMOS DE PESQUISA

A PRATICABILIDADE DA CONSTRUÇÃO DE UMA UNIDADE AJUSTÁVEL DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA PARA REAPROVEITAMENO EM CONJUNTOS HABITACIONAIS	417
ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE MURO DE CONTENÇÃO DO TIPO SOLO/PNEU E GABIÃO	418
REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA URBANA - UMA VISÃO PRÁTICA E FACTUAL - MUNICIPIO DE SUD MENUCCI - SP	419

A PRATICABILIDADE DA CONSTRUÇÃO DE UMA UNIDADE AJUSTÁVEL DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA PARA REAPROVEITAMENTO EM CONJUNTOS HABITACIONAIS

GIULIANO MIKAEL TONELO PINCERATO

O trabalho menciona sobre a viabilidade executiva da construção de uma micro estação de tratamento de água, simples, pouco investimento, no intuito de captar água supostamente poluída e a trata-la. Lembrando que a geração de resíduos sólidos hoje em dia, vem aumentando desenfreadamente de forma irresponsável, onde devemos procurar novas formas viáveis de conservar este bem maior, a água. O objetivo deste projeto consiste em captar de forma consciente, a precipitação das águas em forma de chuva em uma cisterna previamente instalada, através de plataformas metálicas, calhas de PVC, sistemas de filtração mecânica e prévio tratamento químico, armazenadas em local determinado, com tratamento adequado. O sistema de aproveitamento da água da chuva proposto para a instituição é simples e consiste em aproveitar o telhado da edificação como área de captação e direcionar a chuva para cisterna, com: Área de Captação, Filtro para remoção de materiais grosseiros, Seção de tratamento químico, Filtração, Cloração, Armazenamento, Distribuição. O aproveitamento da água pluvial tem uma função primordial nos tempos atuais, em função da poluição dos corpos d'água, torna-se cada vez difícil de encontrar água de boa qualidade para o consumo humano, com o agravante que parte desta é desperdiçada por usos inadequados. A abundância de água no Brasil nunca trouxe grandes preocupações exceção aos setores que se utilizam de água como matéria-prima ou com influência direta sobre o produto final. Atualmente, entretanto, com o surgimento de problemas de poluição de água nos grandes centros urbanos, começa a haver um maior interesse e preocupação. A legislação, que vai tomando forma, introduziu como um de seus principais instrumentos a cobrança pelo uso da água e tem conduzido muitas indústrias e estabelecimentos comerciais à busca por um novo modelo de gerenciamento da água. O reuso se torna não apenas uma forma de garantir seu crescimento, mas de sobrevivência. Em residências, grande parte da água usada pode ser facilmente tratada (águas cinza). No mundo todo há uma tendência ao reuso destas águas reduzindo sensivelmente os custos de água. Em residências o consumo de água é mais ou menos proporcional a nível mundial e a maior parte passível de tratamento in loco e reaproveitável. Independente da região e classe social envolvida o volume de água tratável para reuso se situa entre 70 e 90 do total. A possibilidade de reuso se dá através do tratamento de água cinza, derivada do tanque, chuveiro, máquina de lavar e lavatório

Pesquisa (ENAPI)
Comunicação oral

UNIVERSIDADE DO OESTE PAULISTA - UNOESTE
Engenharias
Engenharia Civil

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE MURO DE CONTENÇÃO DO TIPO SOLO/PNEU E GABIÃO

BEATRIZ DE MELLO MASSIMINO ROTTA
FERNANDA DOMINGOS
HEYTOR HENRIQUE LOURENCO SILVA
LAURA FELICIO GONCALO

Os muros de arrimo são estruturas utilizadas com a intenção de prevenir que o solo assuma sua inclinação natural. Sua principal função é conter o possível deslizamento, rastejo ou desabamento de terra em terrenos inclinados, segurando a terra dos cortes e de encostas de morros, garantindo estabilidade à terra movida, e possibilitam a delimitação do terreno, isolando a área e garantindo privacidade à construção. Muros de contenção de Solo/Pneu resistem à resultantes horizontais pelo seu peso próprio. Consiste em pneus preenchidos por solo compactado e amarrados por cordas de polipropileno, às vezes encapadas por PVC com a finalidade de proteger as cordas contra intempéries. A produção de pneu no mundo tem sido de uma média de 700 milhões por ano, e o descarte do mesmo é de 800 milhões, ou seja, o descarte tem sido maior que a sua produção, transformando isso em um ponto que deve ser estudado para o reaproveitamento desse material. Este trabalho tem como objetivo comparar duas formas diferentes de muro de arrimo, sendo ambos por gravidade: o Gabião e o Solo/Pneu. Com a finalidade de evidenciar as vantagens de cunho mecânico e ambiental do muro Solo/Pneu em relação ao de Gabião. O trabalho visa apresentar um comportamento qualitativo para a construção de dados com a finalidade de comparar os muros de arrimo dos tipos Solo/Pneu e Gabião. Um estudo de caso foi realizado para facilitar a compreensão do assunto e aborda um muro de arrimo gabião localizado no Campus II da UNOESTE, próximo a piscicultura. A análise estrutural é baseada no método de Rankine que fornece os empuxos na contenção. Tal metodologia avalia a razão entre as forças que resistentes (F_r) e atuantes (F_a) na estrutura e se seu fator de segurança ($FS = F_r/F_a$) atinge o valor mínimo de 1,5 - recomendado para obras de terra. Ambos os fatores de segurança atingiram o valor de $FS = 3 > 1,5$, tanto para o muro de solo/pneu quanto para o de gabião. Portanto, é possível a utilização de muros de contenção de Solo/Pneu como contenções por gravidade. Além de cumprirem sua função, eles ocupam o mesmo espaço dentro do solo, não tendo sua dimensão como desvantagem. Estes muros conseguem realizar sua função mecânica, resistindo às ações da água e do solo. Por serem executados com pneus usados, o custo para implantação deste tipo de contenção se reserva para a mão de obra e outros poucos materiais necessários para sua construção. A reutilização dos pneus em contenções visam principalmente a sustentabilidade ambiental.

Pesquisa (ENAPI)

UNIVERSIDADE DO OESTE PAULISTA - UNOESTE

Poster

Engenharias
Engenharia Civil

REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA URBANA - UMA VISÃO PRÁTICA E FACTUAL - MUNICÍPIO DE SUD
MENNUCCI - SP

GIULIANO MIKAEL TONELO PINCERATO

Com o fenômeno da urbanização irregular, a regularização fundiária de imóveis tornou-se uma necessidade existente em todo o País, devido à ocupação descontrolada das cidades em áreas inóspitas ou destinadas a preservação ambiental de forma irregular, ocasionando um problema social, na qual o Poder Público através do Governo Municipal, Estadual ou Federal deve proporcionar a população o mínimo de dignidade, proporcionando um singelo conjunto de bens da vida. Visando uma tratativa solucionadora deste problema o Governo do Estado de São Paulo, por meio do Programa Cidade Legal criado no ano de 2007, com o intuito de regularizar núcleos habitacionais de interesse social e financeiro, propõe que o cidadão regularize seu imóvel, seja ele casa ou terreno, pagando apenas uma pequena taxa de registro junto ao Cartório de Imóveis. O município deverá abrir um procedimento administrativo de regularização, onde será analisada a situação jurídica, social, urbanística e ambiental do núcleo em questão, propondo soluções para sanar as inconformidades. O programa possui um Procedimento Administrativo que deverá ser seguido, onde o mesmo está dividido da seguinte forma: Instauração, Estudos Preliminares, Laudo Técnico, Estudo Social, Parecer Jurídico, Reconhecimento da Ilegalidade, Consolidação, Interesse Social, Interesse Específico, Agente Promotor da Regularização, Perímetro Urbano, Projetos, Aprovação, Programa Estadual de Regularização, Registro, Titulação. Em casos onde serão tratados a regularização de diversos lotes, pertencentes a um loteamento irregular, o melhor caminho observado dentro do estado de São Paulo seria a adesão deste núcleo junto ao programa de Regularização Fundiária Urbana, onde em parceria com ambas as partes. Dentro do contexto de regularização, apresentou-se uma vertente de atividade que pode ser executada pelo profissional Eng. Civil onde elaborou laudo técnico, projeto detalhado do loteamento contendo todas as informações dos lotes e memorial descritivo detalhando a gleba e todos os lotes, medidas e áreas com os confrontantes. Com a apresentação deste trabalho, buscou-se apresentar a problemática relacionado ao crescimento desordenado das cidades e o que isso afeta na vida social e financeira das famílias, e os diversos meios para se efetuar a regularização fundiária, além de demonstrar a temática do Programa Cidade Legal e os benefícios que o mesmo traz para a comunidade como um todo, agilizando o processo, tendo um custo bem mais acessível para o poder público e população.

RELATOS DE EXPERIÊNCIA

DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO FLEXÍVEL DE UM TRECHO DA RODOVIA JOSÉ BATISTA DE SOUZA.. 421

Extensão (ENAEXT)

UNIVERSIDADE DO OESTE PAULISTA - UNOESTE

Comunicação oral

Engenharias

Engenharia Civil

DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO FLEXÍVEL DE UM TRECHO DA RODOVIA JOSÉ BATISTA DE SOUZA

RENAN CEOLIN ARAUJO

HEITOR CEOLIN ARAUJO

KARINE TAKAHASHI

AIMÉE MARIA GUIOTTI

No sistema Rodoviário Brasileiro o pavimento flexível é o mais utilizado, para que ele seja eficaz, é necessário que seja estável, não sofra deformação mediante a ação de cargas. A qualidade do pavimento flexível interfere na funcionalidade da rodovia, pois este, deve ser capaz de receber e distribuir os esforços oriundos dos veículos e seu dimensionamento consiste na determinação das alturas das camadas de reforço do subleito (RS), sub-base (SB), base (B) e revestimento (R), para resistir, transmitir e dissipar as cargas provenientes do tráfego. Este estudo apresenta o dimensionamento do pavimento flexível de um trecho da Rodovia José Batista De Souza, utilizando método do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT) Pelo método de dimensionamento e normas do DNIT, concluí-se que no trecho da rodovia mencionado não foi necessário a execução do reforço do subleito e sub-base. Para este estudo foram coletados os seguintes dados, volume médio diário (VDM) total previsto para o período é 4166,79, a densidade seca máxima do solo é $1,5\text{g/cm}^3$, umidade ótima de 10% e Índice suporte Califórnia (CBR) de 20%. Para o dimensionamento do pavimento foi utilizada brita graduada (CBR de 80%) e revestimento em concreto betuminoso. De acordo com o CBR do solo não foi necessário a execução do dimensionamento das camadas de reforço do subleito e da camada de sub-base. Através do número de repetições de eixo (N) foi possível determinar que $R=10\text{ cm}$, e de acordo com cálculos e a norma do DNIT $B=15\text{cm}$.