

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS LONDRINA
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA AMBIENTAL

GIOVANA SIMONETTI GAIO

**POTENCIALIDADE DA APLICAÇÃO DO RESÍDUO DO PROCESSO
DE RECICLAGEM DE POLIPROPILENO PARA DESENVOLVIMENTO
DE COBOGÓ**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**LONDRINA
2018**

GIOVANA SIMONETTI GAIO

**POTENCIALIDADE DA APLICAÇÃO DO RESÍDUO DO PROCESSO
DE RECICLAGEM DE POLIPROPILENO PARA DESENVOLVIMENTO
DE COBOGÓ**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de TCC2, do Curso Superior de Engenharia Ambiental, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Londrina, como requisito parcial para a obtenção do título de “Engenheiro Ambiental”.

Orientador: Prof. Dr. Orlando de Carvalho Junior.

Coorientador: Prof. Dr. Francisco Rosário.

LONDRINA

2018



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do
Paraná
Campus Londrina
Coordenação de Engenharia Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

Potencialidade da aplicação do resíduo do processo de reciclagem de polipropileno para desenvolvimento de cobogó

por

Giovana Simonetti Gaio

Monografia apresentada no dia 21 de junho de 2018 ao Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho _____
(aprovado, aprovado com restrições ou reprovado).

Prof. Dr. Ajadir Fazolo
(UTFPR)

Prof. Dr. Ricardo Nagamine Costanzi
(UTFPR)

Prof. Dr. Orlando de Carvalho Junior
(UTFPR)
Orientador

Prof^ª. Dr^ª. Edilaine Regina Pereira
Responsável pelo TCC do Curso de Eng. Ambiental

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por me capacitar e dar forças, e à minha família, pelo incentivo e apoio incondicional em todos os momentos ao longo dessa jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao meu professor e orientador Prof. Dr. Orlando de Carvalho Junior, por toda experiência e aprendizado passados ao longo deste período de desenvolvimento de trabalho de conclusão de curso, e ao longo de toda graduação.

Agradeço também ao meu co-orientador Prof. Dr. Francisco Rosario, pelo suporte durante o desenvolvimento desse trabalho.

Agradeço as empresas que colaboraram com o desenvolvimento deste trabalho, à SS Plasticos, pela oportunidade de estudar o resíduo gerado em sua empresa, bem como à Santini por todo suporte técnico.

Agradeço em especial ao Bruno Machado, por todo apoio, amor e cuidado ao longo desses cinco anos de graduação. Por toda paciência e por estar sempre ao meu lado nos momentos mais críticos, se fazendo um alicerce, me incentivando a cada dia a nunca desistir. Por todos os trabalhos realizados juntos e por tantos aprendizados ao longo desta caminhada.

Por fim, agradeço à minha família, Marcelo Gaio, Fabiana Gaio, Camila Gaio e Rafael Gaio, por conta do apoio e amor ao longo de toda a graduação, pela capacidade de investir e acreditar em mim e por toda paciência e compreensão em momentos críticos.

RESUMO

Este trabalho avaliou a potencialidade de aplicação do resíduo de reciclagem do polipropileno no desenvolvimento de cobogó como alternativa para minimizar os prejuízos causados ao meio ambiente e os custos de sua disposição final. Atualmente, a disposição final deste resíduo não atende as solicitações das legislações vigentes, como a PNRS e a Lei Municipal lei 12493 de 1999, contribuindo assim para problemática relacionada ao gerenciamento de resíduos sólidos no Brasil. Por meio da incorporação do resíduo em diferentes traços na confecção do cobogó, foi possível avaliar mecânica e economicamente a viabilidade de sua utilização. O resíduo proveniente da moagem do polipropileno foi caracterizado previamente com relação a sua massa específica e sua umidade. Corpos de prova foram confeccionados com substituição de areia pelo resíduo estudado em proporções de 20, 40 e 60% em volume. Todos os corpos de prova foram submetidos a ensaio de resistência a compressão, em 7 e 28 dias de idade, e absorção de água, em 28 dias, de acordo com a norma NBR 10834/1994. O traço de 40% de incorporação do resíduo foi o único que atingiu os resultados exigidos pela norma para o ensaio de resistência à compressão em 7 e 28 dias. Para o ensaio de absorção de água, todas as composições avaliadas atingiram o valor determinado na norma. Foi avaliada a viabilidade econômica da aplicação da solução atingindo um valor de economia global de R\$870,00 ao mês. Concluiu-se que existe grande potencialidade de aplicação do resíduo do processo de reciclagem de polipropileno para desenvolvimento de cobogó, unindo viabilidade ambiental e econômica, resultando em uma alternativa sustentável para destinação deste resíduo que até então não apresentava potencial de reutilização.

Palavras-chave: Destinação de resíduos; Polipropileno; Reciclagem; Cobogó.

ABSTRACT

This study evaluated the potential of applying the polypropylene recycling residue to develop cobogó as an alternative to minimize the damages caused to the environment and the costs of its final disposal. Currently, the final disposal of this residue does not meet the requirements of the current legislation, such as the PNRS and the Municipal Law 12493 of 1999, thus contributing to problems related to solid waste management in Brazil. Through the incorporation of the residue in different traits in the cobogó's development, it was possible to evaluate mechanically and economically the viability of its use. The residue from the milling of polypropylene was previously characterized in relation to its specific mass and its moisture content. Test samples were made with sand replacement by the studied residue in proportions of 20, 40 and 60% by volume. All test samples were submitted to compressive strength test at 7 and 28 days of age and water absorption at 28 days of age according to NBR 10834/1994. The 40% trait was the only one that reached the results required by the norm for the compressive strength test in 7 and 28 days. For the water absorption test, all compositions evaluated reached the value determined in the standard. The economical viability of the application was evaluated, reaching a total savings of R\$ 870.00 per month. It was concluded that there is great potential of applying the residue of the polypropylene recycling process for the development of cobogó, uniting environmental and economic viability, resulting in a sustainable alternative for the destination of a residue that until now had no potential for reuse.

Key-words: Residue disposal; Polypropylene; Recycling; Cobogó.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema do mecanismo de funcionamento de um moinho de facas triturando uma garrafa e produzindo os flocos.....	18
Figura 2: a) Cobogó na fachada de edifício em Brasília na década de 60. b) Caixa d'água Olinda - Pernambuco - 1934.	27
Figura 3: Hospital Cidade Tiradentes, São Paulo – SP.	28
Figura 4: Colégio Prof. Marcos Alexandre Sodré. Várzea Paulista – SP.	28
Figura 5: Fachada da empresa SS Plásticos.	30
Figura 6: Produto desenvolvido na empresa.....	31
Figura 7: Matéria prima do processo de reciclagem do PP.....	31
Figura 8: Polipropileno após processo de moagem (a) e pronto para etapa de confecção das peças (b).....	32
Figura 9: Caixa de lavagem do material (a) e resíduo de fundo de caixa.....	32
Figura 10: Molde utilizado na fabricação das peças. Vista.....	34
Figura 11: Materiais utilizados para confecção dos corpos de prova. 1) Tubos PVC, 2) Areia, 3) Pedrisco, 4) Resíduo, 5) Cimento, 6) Água, 7) Óleo queimado.	35
Figura 12: Equipamento utilizado no ensaio de resistência a compressão.....	36
Figura 13: Peça traço 1 (a), traço 2 (b) e traço 3 (c).	40
Figura 14: Gráficos de tensão por deformação dos corpos de prova em 7 e 28 dias.	41
Figura 15: Gráfico de comparação da média dos valores máximos e desvio padrão de tensão em 7 e 28 dias para os diferentes traços.	42

LISTA DE TABELA

Tabela 1: Dados estimados da geração e destino dos resíduos plásticos dos RSU em 2011 no Brasil.	17
Tabela 2: Composição em volume dos traços adotados.....	34
Tabela 3: Análise da massa específica (ρ).....	39
Tabela 4: Valores utilizados para obtenção da umidade do resíduo.....	39
Tabela 5: Resultados do teste de absorção de água para os diferentes traços.	43

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Resoluções CONAMA.	19
Quadro 2: Normas Regulamentadoras - Resíduos Sólidos.....	20
Quadro 3: Identificação dos Parâmetros dos Resíduos.	23

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABIPLAST	Associação Brasileira da Indústria do Plástico
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABS	Absorção de Água
ADF	Areia Descartada de Fundição
APHA	Associação Americana de Saúde Pública
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NBR	Normas Regulamentadoras
PEBD	Polietileno de Baixa Densidade
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PP	Polipropileno
PVC	Policloreto de Vinila
RCS	Resistência a Compressão Simples
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
UTFPR	Universidade Federal Tecnológica do Paraná

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVO GERAL	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3 REFENCIAL TEÓRICO	16
3.1 RECICLAGEM DO POLIPROPILENO (PP)	16
3.2 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS	19
3.3 USO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	21
3.4 RESÍDUOS SÓLIDOS NA FABRICAÇÃO DE ARTEFATOS	23
3.5 ARTEFATOS DE SOLO CIMENTO	25
3.5.1 Cobogó	26
4 MATERIAL E MÉTODOS	30
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO UTILIZADO	30
4.2 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DO COBOGÓ	33
4.3 ENSAIOS REALIZADOS	35
4.3.1 Resistência a Compressão Simples (RCS).....	35
4.3.2 Teor de Absorção de Água (ABS).....	37
4.4 ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA	38
5 RESULTADOS	39
5.1 CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO UTILIZADO	39
5.2 DESENVOLVIMENTO DO COBOGÓ	40
5.3 ENSAIOS REALIZADOS.....	41
5.3.1 Resistência a Compressão Simples.....	41
5.3.2 Absorção de Água.....	43
5.4 VIABILIDADE ECONÔMICA	43
6 CONCLUSÃO	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46

1 INTRODUÇÃO

No início do século XX foi desenvolvido material denominado plástico, impermeável e maleável, que contribuiu para o desenvolvimento social, econômico e científico, e aos poucos foi sendo cada vez mais utilizado na fabricação dos mais variados objetos por conta da sua grande versatilidade. Sua viabilidade econômica tornou possível a produção de diferentes produtos com custo reduzido, tornando-o bastante acessível à população (PIATTI e RODRIGUES, 2005).

O plástico vem se inserindo no mercado consumidor, causando passivos ambientais de grandes proporções com o descarte inadequado deste na natureza (NETA, 2012), constituindo grande parte do total de resíduos sólidos produzidos pelo homem (PIATTI E RODRIGUES, 2008).

A maioria dos materiais plásticos, apesar de serem recicláveis, acaba tendo como destino final os aterros sanitários (CHO, 2012) onde, segundo o Ministério do Meio Ambiente, demoram cerca de 400 anos para se decompor, assim, se tornam potenciais poluentes do solo e da água (MMA, 2017).

A reciclagem é uma das maneiras de prolongar a vida dos plásticos, sendo útil para as empresas e saudável para sociedade e o meio ambiente. (CARASCHI e LEÃO, 2008). Mano et al. (2005) aponta a reciclagem como solução ideal para preservação da qualidade do meio ambiente, uma vez que essa atividade visa preservar matérias-primas, economizar energia no processo produtivo e reduzir áreas de aterro. Assim, os resíduos podem ser utilizados novamente como bens de consumo, constituindo-se um importante conceito de desenvolvimento sustentável (MOURA, 2000; PINTO, 1999).

No estado do Paraná, a lei 12493 de 22 de janeiro de 1999, em seu artigo 3º, estabelece que a geração de resíduos sólidos deva ser minimizada pela adoção de processos de baixa geração de resíduos e da reutilização e/ou reciclagem de resíduos sólidos (PARANÁ, 1999).

A reciclagem do polipropileno, atualmente é vista como uma necessidade, já que é muito utilizado em diferentes indústrias. Sua propriedade termoplástica torna a reciclagem viável, uma vez que, quando submetido a temperaturas elevadas, torna-se maleável e permite sua transformação em novos subprodutos (ROSÁRIO et al., 2010).

Deste modo, a fim de atender e se adequar às legislações vigentes, a reciclagem do polipropileno (PP), em que o resíduo plástico é transformado em matéria prima para fabricação de outros materiais (GRUPO KAPERSUL, 2018), se torna cada vez mais comum no Brasil. No entanto, o processo de reciclagem gera resíduos, basicamente compostos por água,, fibras e pequenas frações de polipropileno, que normalmente são destinados em aterros sanitários, acarretando altos custos para empresa que realiza essa atividade e prejuízos ao meio ambiente, uma vez que é um resíduo composto por diferentes materiais dificilmente biodegradáveis.

O uso de resíduos sólidos na fabricação de artefatos para construção civil como elementos para pavimentação intertravada em blocos pré-moldados, por exemplo, vem sendo citada em inúmeros trabalhos que visam além das contribuições ao meio ambiente, proporcionar enriquecimento nas propriedades dos materiais de cimento Portland, sejam concretos, argamassas ou pastas. (FIORITI, 2007).

Lima (2004) estudou concretos fabricados com agregados reciclados e comprovou que o uso desses em proporções corretamente dosadas não afetam a durabilidade ou resistência do produto final.

Visando minimizar os impactos financeiros e ambientais, causados pelo descarte do resíduo produzido durante o processo de reciclagem do PP, o desenvolvimento de um elemento vazado, do tipo cobogó, produzido com a incorporação deste pode ser alternativa viável à sua destinação para aterros sanitários.

Diante disto, este trabalho buscou avaliar a possibilidade de aplicação do resíduo de reciclagem do PP no desenvolvimento de cobogó como alternativa para minimizar os prejuízos causados ao meio ambiente e os custos de sua respectiva disposição final.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Este projeto de pesquisa teve como objetivo principal avaliar o potencial de aplicação do resíduo do processo de reciclagem de polipropileno no desenvolvimento de cobogós utilizados na construção civil.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar o resíduo do processo de reciclagem do polipropileno quanto à massa específica e umidade;
- Desenvolver o estudo do traço do Cobogó com a inserção do resíduo em substituição à areia;
- Verificar através de análise simplificada de viabilidade econômica quanto à empresa geradora do resíduo pode economizar na disposição final deste, com a fabricação do Cobogó.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 RECICLAGEM DO POLIPROPILENO (PP)

O material utilizado como fonte de estudo é o resíduo proveniente da reciclagem do polipropileno.

O polipropileno, mais conhecido como PP, é o terceiro plástico mais comercializado, atrás apenas do polietileno de baixa densidade (PEBD) e do PVC (CERESANA, Market Intelligence). Segundo a Associação Brasileira da Indústria do Plástico, o nível de atividade do setor de transformados plásticos brasileiro em 2016 foi similar ao observado em 2009, ano em que o Brasil enfrentou os efeitos da pior crise internacional desde 1930. A produção de transformados plásticos no ano de 2016 atingiu a marca de 5,82 milhões de toneladas. Em valor, a queda na demanda brasileira por transformados plásticos foi de 10% em 2016 e a parcela relativa às importações passou de 15,4% para 13,3% desse total, a fim de atender a demanda de setores da indústria e do comércio (ABIPLAST, 2016). Diante disso, conforme o crescimento populacional ao longo dos anos, a produção de transformados plásticos tende a aumentar proporcionalmente ao seu consumo, gerando assim quantidades significativas de resíduos.

Este polímero é base para a fabricação de inúmeros elementos utilizados na sociedade contemporânea, como embalagens, rótulos, artigos de papelaria, equipamentos de laboratório, peças automotivas, copos descartáveis, seringas de injeção, tampas de garrafas, recipientes resistentes a solventes, mantas absorventes de material oleoso e objetos diversos (RESO, Soluções Ambientais). Isso ocorre devido à sua facilidade de fabricação, relativa resistência, facilidade de limpeza, além de ser um material passível de reciclagem, pois este é um termoplástico, o qual, quando submetido a temperaturas elevadas, torna-se maleável, permitindo sua transformação em novos subprodutos. Atualmente, a reciclagem do polipropileno tem se comportado como uma necessidade, uma vez que o material é bastante utilizado por diversas indústrias além do valor agregado presente nos resíduos compostos por esse material (TSL Engenharia, Manutenção e Meio Ambiente).

Segundo Ministério do Meio Ambiente, nos termos do Processo de Marrakesh, produção sustentável pode ser entendido como sendo a incorporação,

ao longo de todo o ciclo de vida de bens e serviços, das melhores alternativas possíveis para minimizar impactos ambientais e sociais (MMA, 2017). O ciclo de vida do plástico se inicia com extração do petróleo e termina com a sua reciclagem. Portanto as empresas recicladoras de plásticos seriam parte desse ciclo, porém por se tratarem de empresas como qualquer outra, devem também ter uma postura sustentável, formando um novo ciclo, o qual começa com a coleta seletiva de resíduos plásticos, reciclagem, uso, descarte e terminando novamente com a reciclagem (SILVA, 2014).

A tabela 1 apresenta os dados estimados sobre a geração e o destino dos resíduos plásticos presentes nos RSU no Brasil no ano de 2011, ano em que aproximadamente 5 milhões de toneladas de resíduos plásticos receberam destino inadequado.

Tabela 1: Dados estimados da geração e destino dos resíduos plásticos dos RSU em 2011 no Brasil.

<i>PLASTICOS (RSU)</i>	<i>QUANTIDADE (ton)</i>
Gerados	12.573.083
Coletados	11.273.491
Destinados a aterros controlados e lixões	4.728.102
Destinados à reciclagem	3.374.931
Destinados à aterros sanitários	3.170.458
Reciclados	732.360

Fonte: SILVA, 2014.

A forma mais tradicional de reciclagem é a mecânica, que converte o resíduo plástico novamente em grânulos que podem ser reutilizados na produção de outros produtos (CARASCHI E LEÃO, 2008). Este processo inclui as seguintes etapas: separação, moagem, lavagem, secagem e reprocessamento, contudo essa pode apresentar variações que visam à melhoria das propriedades do material reciclado.

Na etapa de moagem, o resíduo tem seu tamanho reduzido através de moinhos de facas rotativas (Figura 1). Este processo gera ruído e emissão de particulados sólidos de tamanhos variados, que se tornam um problema, ao poluírem o ar, prejudicando a saúde humana se inalados, e também se acumulando nos maquinários prejudicando seu funcionamento. Pode-se realizar a moagem a

seco, onde o controle de ruído e captação do pó emitido são feitos através de carcaças de madeiras em torno do moinho e a úmido, onde a água auxilia na manutenção da qualidade das facas, pois reduz o calor gerado com o atrito, e também quando em movimento, a água remove a sujeira retida nas facas (FARIA e PACHECO, 2009).

O material moído, comumente chamado flakes (pedaços moídos irregulares em sua forma), deve apresentar tamanho e formato adequado para as etapas subsequentes do processo. Normalmente, dentro da indústria de reciclagem de plástico o tamanho do floco é em torno de um (1) cm.

Figura 1: Esquema do mecanismo de funcionamento de um moinho de facas triturando uma garrafa e produzindo os flocos.



Fonte: ZANIN e MANCINI (2015, p, 81).

Após passar pelo processo de moagem, o material vai para a lavagem, onde os resíduos são eliminados e apenas o plástico limpo e adequado continua no processo e vai para etapa de secagem, e por fim é formulado de acordo com sua aplicação final (SPINACÉ e PAOLI, 2004).

Devido à maior densidade destes flakes advindo de material com cargas minerais, se acumulam no fundo da caixa e passam a ser chamados de resíduo de fundo de caixa. Após ser retirado do processo, este resíduo é destinado por empresa contratada, gerando custos para empresa e se tornando, portanto um problema para indústria. Esses são basicamente compostos por areia, fibras e partes de PP. Deste modo, esse resíduo será base para produção do elemento vazado, cobogó, proposto neste projeto.

3.2 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

A Constituição Federal Brasileira de 1998, em seu artigo 23, inciso VI e VII dispõe que é competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios:

“Proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas, preservando as florestas, a fauna e a flora.”

O inciso VIII, do artigo 24, diz que compete à União, aos Estados e ao Distrito Federal:

“Legislar concorrentemente sobre responsabilidade por dano ao meio ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico”

Com base na constituição brasileira, foram criadas leis, decretos, instruções normativas, portarias e resoluções que regulamentam a questão dos resíduos sólidos.

O quadro 2 apresenta as principais resoluções do Conselho Nacional do Meio que visam estabelecer padrões para qualidade do meio ambiente.

Quadro 1: Resoluções CONAMA.

RESOLUÇÃO	DESCRIÇÃO
Nº 404 / 2008	“Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos.”
Nº 358 / 2005	"Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências."
Nº 316 / 2002	"Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos"
Nº 313/ 2002	"Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais"
Nº 307 / 2002	"Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil".
Nº 275 / 2001	"Estabelece código de cores para diferentes tipos de resíduos na coleta seletiva".
Nº 023 / 1996	"Regulamenta a importação e uso de resíduos perigosos". Revoga a Resolução nº 37, de 1994. Alterada pelas Resoluções nº 235, de 1998, e nº 244, de 1998. Revogada pela Resolução nº 452, de 2012.

Fonte: Conselho Nacional do Meio Ambiente

A associação brasileira de normas técnicas também apresenta Normas Regulamentadoras voltadas aos resíduos sólidos, algumas delas destacadas no Quadro 2.

Quadro 2: Normas Regulamentadoras - Resíduos Sólidos.

NORMA	TÍTULO
ABNT NBR 10004:2004	Resíduos sólidos - Classificação.
ABNT NBR 10005:2004	Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólido.
ABNT NBR 10006:2004	Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos.
ABNT NBR 10007:2004	Amostragem de resíduos sólidos.
ABNT NBR 11174:1990	Armazenamento de resíduos classes II - não inertes e III - inertes – Procedimento.
ABNT NBR 12980:1993	Coleta, varrição e acondicionamento de resíduos sólidos urbanos – Terminologia.
ABNT NBR 13463:1995	Coleta de resíduos sólidos.
ABNT NBR 15115:2004	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação - Procedimentos
ABNT NBR 15116:2004	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - Requisitos

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas

A classificação dos resíduos envolve a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem e de seus constituintes e características e a comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido (ABNT, 2004a).

Segundo Oliveira et al. (2003), de maneira geral, esta classificação se dá a partir das análises físico-químicas sobre o extrato lixiviado obtido a partir da amostra bruta do resíduo. As concentrações dos elementos detectados nos extratos lixiviados são então comparadas com os limites máximos estabelecidos nas listagens constantes da NBR 10.004 (ABNT, 2004a).

A NBR 10004:2004, Resíduos Sólidos – Classificação, a qual define resíduos sólidos por:

“Aqueles resíduos nos estados, sólido e semisólido, que resultam de atividades da comunidade de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como

determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível”. (ABNT, 2004)

São classificados por apresentarem periculosidade, inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e/ou patogenicidade, características estas definidas pela norma supracitada. Resíduos que apresentem pelo menos uma das características acima são classificados como resíduos classe I. Aqueles que apresentam nenhuma destas características são classificados como classe II (FLOHR et al., 2004).

Os resíduos de classe II – Não Perigosos são subdivididos em:

- Resíduos classe IIA – Não Inertes. Que podem ter propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.
- Resíduos classe IIB – Inertes. Onde quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

3.3 USO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Com o intenso crescimento da populacional, aumento de pessoas nos centros urbanos, globalização e diversificação do consumo de bens e serviços, o setor industrial teve grande avanço, trazendo a tona problemas relacionados aos recursos naturais e preservação da qualidade do meio ambiente que antes não recebiam importância devido a abundância de recursos e menor consumo dos produtos pela sociedade (ÂNGULO; ZORDAN; JOHN, 2001).

Deste modo, em meados do século XXI, a sociedade passou a enfrentar problemas relacionados à destinação e gerenciamento dos resíduos gerados, visto que sua importância em cenário ambiental passou a ganhar visibilidade (DEBAPRIYA; SUKUMAR; ADHIKARI, 1999).

Resíduos industriais são advindos de diferentes atividades, como metalúrgica, química, petroquímica, papelreira, alimentícia e outras. Estes são muito variados como, por exemplo, cinza, lodo, óleos, resíduos alcalinos ou ácidos, plástico, papel, madeira, fibras, borracha, metais, escórias, vidro e cerâmica, (NAUMOFF E PERES, 2000) que são produzidos em grandes toneladas no mundo inteiro (LUCAS E BENATTI, 2008).

Levando em conta a problemática relacionada aos resíduos sólidos, a reciclagem destes vem se consolidando como uma prática muito importante apoiada a uma sociedade sustentável (ENBRI, 1994). Além de ser uma alternativa para utilização destes resíduos como matéria prima, com o objetivo de não prejudicar a capacidade de sobrevivência das gerações futuras, diminuindo o impacto ambiental gerado pelo seu descarte e economizando recursos relacionados à sua destinação (JHON, 2001).

A construção civil é um dos setores industriais de maior responsabilidade por grande parte dos impactos que o meio ambiente tem sofrido, assim, esta vem se adequando ao conceito de desenvolvimento sustentável onde a reciclagem de resíduos vem sendo cada vez mais comum, visto que pode gerar inúmeros benefícios (ÂNGULO; ZORDAN; JOHN, 2001) como a redução no consumo de recursos naturais não renováveis (JOHN, 2000), a redução de áreas de aterros por conta da minimização de volume dos resíduos, atender a necessidade da reciclagem dos resíduos de construção e demolição, que representam grande parte da massa dos resíduos sólidos urbanos (PINTO, 1999), redução do consumo de energia e redução da poluição por conta das emissões atmosféricas e poder calorífico dos materiais utilizados durante o processo de produção (JOHN, 2000 ; JHON, 1999) e outros.

Existe uma grande quantidade de resíduos com potencial de utilização na produção de artefatos destinados a construção civil e, que ainda são ignorados pelo mercado e até por pesquisadores brasileiros (ÂNGULO; ZORDAN; JOHN, 2001; LUCAS E BENATTI, 2008). A reciclagem é uma oportunidade de negocio que gera faturamento ou, pelo menos, reduz uma fonte importante de despesa que é a deposição de resíduos. Deste modo, para o gerador do resíduo, a reciclagem significa redução de custos e, a cadeia produtiva que recicla reduz o volume de extração de matérias-primas, preservando recursos naturais limitados (JHON, 2001).

Alcântara (2009) atribui aos profissionais da construção civil a tarefa de adequação dos princípios da construção sustentável ao seu cotidiano, que se dá pela necessidade de preservação do meio ambiente diretamente ligada à necessidade de se dar um destino adequado aos resíduos, sendo necessário o desenvolvimento de materiais alternativos recicláveis, aproveitando os resíduos sólidos gerados em diferentes processos produtivos (ROSÁRIO E TORRESCASANA, 2011).

3.4 RESÍDUOS SÓLIDOS NA FABRICAÇÃO DE ARTEFATOS

As formas adequadas de aproveitamento de resíduos, ou de subprodutos industriais, como matéria-prima secundária, devem envolver um completo conhecimento do processo nas unidades de geração dos resíduos, a caracterização completa dos resíduos e identificação do potencial de aproveitamento, identificando as características limitantes do uso e da aplicação (ROCHA; CHERIAF, 2003).

Visando a uma avaliação do potencial de aproveitamento de resíduos, Cheriaf e Rocha (1997), estabeleceram a necessidade de identificação dos parâmetros estruturais, geométricos e ambientais dos resíduos, descritos no quadro 3.

Quadro 3: Identificação dos Parâmetros dos Resíduos.

PARÂMETROS	DESCRIÇÃO
Parâmetros estruturais	Identificação e conhecimento da estrutura e composição dos resíduos através da realização de ensaios: análise química, difractometria aos raios X, análise térmica diferencial, condutibilidade térmica, perda de massa ao fogo.
Parâmetros geométricos	Identificação da morfologia e textura do resíduo, através das seguintes análises: microscopia eletrônica de varredura; granulometria; superfície específica; solubilidade e viscosidade.
Parâmetros ambientais	Identificação dos constituintes que podem ser potencialmente lixiviados e/ou solubilizados dos resíduos, pH.
Outros parâmetros	Identificação das propriedades relacionadas à unidade de geração do resíduo, e das formas de beneficiamento que podem ser associadas: reologia, presença de óleos, graxas, conteúdo orgânico, pureza, consistência, capacidade de retenção de umidade, capacidade de moagem.

Fonte: ROCHA; CHERIAF, 2003.

A incorporação de resíduos em matrizes industriais de cerâmicas e cimentícias com o objetivo de produção de artefatos para a construção civil permitem dar um destino ambientalmente correto para resíduos que, de outra forma, seriam fontes de poluição. Destaca-se a aplicação de resíduos de interesse, como a lama de estações de tratamento de água e efluentes, cinzas de usinas hidrelétricas, areias de fundição, refugos de mineração, escórias de fornos, resíduos de serragem de granito, entre outros, na produção de blocos e tijolos cerâmicos e cimentícios, telhas, lajotas para piso e forro, bloquetes para piso e tubos cerâmicos (LUCAS E BENATTI, 2008).

As características físico-químicas das matérias-primas cerâmicas e às particularidades do seu processamento, faz da indústria cerâmica uma das grandes opções para a reciclagem de resíduos sólidos, visto que essa possui um elevado volume de produção, possibilitando assim o consumo de quantidades elevadas de rejeitos além de permitir a economia de matéria-prima não renovável, obtenção de produtos com forte apelo ambiental, redução do consumo de energia e outros (MENEZES; NEVES; FERREIRA, 2002).

De acordo com Sousa (2006) os tijolos de solo-cimento, obtidos a partir da mistura de solo, cimento Portland e água, ganham destaque entre os materiais de construção alternativa. Estudos recentes mostram que a incorporação de alguns resíduos ao solo-cimento agrega ao material maior benefício ambiental e maior desempenho tecnológico, dentre os resíduos estudados o resíduo de serragem de granito destaca-se pelas suas propriedades e grande abundância no Brasil (LIMA, 2010)

Silva & Vidal (2003) ressaltaram a importância do aproveitamento dos rejeitos de lavras de granito e propuseram sua aplicação como matéria-prima para a construção civil, na forma de alicerce, muro de arrimo, paralelepípedos, pedra tosca para calçamentos, cascalho para aterros, britas de pós, de modo a criar uma fonte de renda mínima com agregação de valor ao material extraído.

LIMA (2010) realizou experimento que evidenciou a possibilidade de utilização de resíduo de serragem de granito em solo-cimento para aplicação em parede monolítica e tijolos para habitação de interesse social, o resíduo de granito e solo estudado apresentou distribuição de tamanho de partículas adequado para utilização em solo-cimento.

Estudos apontam que é possível utilizar areia descartada de fundição – ADF como agregado na confecção de peças de concreto para pavimentação ou outros tipos de artefatos de cimento e se constitui como uma alternativa viável, devido aos resultados obtidos, conciliando os aspectos técnicos dos artefatos com benefícios ambientais (CARNIN et al., 2010).

LEITE (2001) estudou a influência de agregados reciclados para produção de concretos, avaliando propriedades como resistência à compressão e resistência à tração no estado fresco e no estado endurecido do agregado. Os resultados mostraram que existe viabilidade para a utilização do agregado miúdo e graúdo reciclado na produção de concreto.

Comprovando que há necessidade de classificar o resíduo utilizado na composição do concreto como resíduo “não inerte” e de incentivar a reciclagem para minimizar os impactos ambientais, OLIVEIRA (2002), analisou a influência das chuvas ácidas muito comuns em regiões urbanas e industrializadas, realizou estudo comparativo entre o resíduo de concreto convencional e o produzido com agregado reciclado, de consistências e resistências mecânicas semelhantes, e concluiu que os compostos lixiviados do concreto produzido a partir do agregado reciclado provocam a sua deterioração e contribuem para a mineralização dos aquíferos.

3.5 ARTEFATOS DE SOLO CIMENTO

O solo-cimento é o produto resultante da mistura íntima de solo, cimento portland e água, que compactados na umidade ótima e sob a máxima densidade, em proporções previamente estabelecidas, adquire resistência e durabilidade através das reações de hidratação do cimento (ABCP, 1999). O interesse pelo assunto no Brasil se deu a partir de 1936, através da ABCP, que pesquisou e regulamentou a sua aplicação (FERRAZ E SEGANTINI, 2004).

Dentre as muitas utilizações do solo-cimento, destaca-se seu uso na fabricação de tijolos de alvenaria (ROLIM; FREIRE; BERALDO, 1999).

Os tijolos de solo-cimento podem ser uma alternativa interessante para a construção. Na sua manufatura são utilizados os seguintes materiais: solo, cimento, água e adições (SEGANTINI E WADA, 2011).

De acordo com Grande (2003), os tijolos de solo-cimento representam uma alternativa sustentável, pois uma vez que os tijolos podem ser produzidos com solo

do próprio local da obra, requerem baixo consumo de energia na extração da matéria-prima, dispensam o processo de queima e reduzem a necessidade de transporte, proporcionando assim, segundo Souza (2006), a redução de desperdícios e diminuição no volume de entulho gerado, tornando o processo construtivo mais rápido e motivando economia de materiais e de mão-de-obra.

3.5.1 Cobogó

O tijolo convencional vem sendo usado para fabricação de outros elementos como, por exemplo, o cobogó.

Segundo Borba, 2012, o cobogó foi à invenção de dois comerciantes e um engenheiro que viviam no Recife no início do século XX — Coimbra, Boeckmann e Góes, e teve seu nome oriundo da junção da primeira sílaba dos sobrenomes de seus criadores. O cobogó foi concebido como um simples elemento pré-fabricado, próprio a ser construído em série, baseado na vazadura de uma retícula modular sobre uma placa prismática de concreto.

Apesar de ser criado em Recife, o cobogó foi difundido por Lúcio Costa em referências sutis à arquitetura colonial, tornando-se um elemento compositivo presente na estética da arquitetura moderna brasileira. Apesar da permeabilidade visual, os cobogós, de certa forma, trazem privacidade ao usuário. Feitos de cimento e tijolo no início passaram a ser produzidos também em cerâmica e outros distintos materiais (DELAQUA, 2017).

É um elemento arquitetônico, geralmente no formato de bloco vazado, que pode ser aplicado em edificações para promover soluções construtivas econômicas e racionais para o controle de insolação e ventilação dos ambientes (GOMES, 2008).

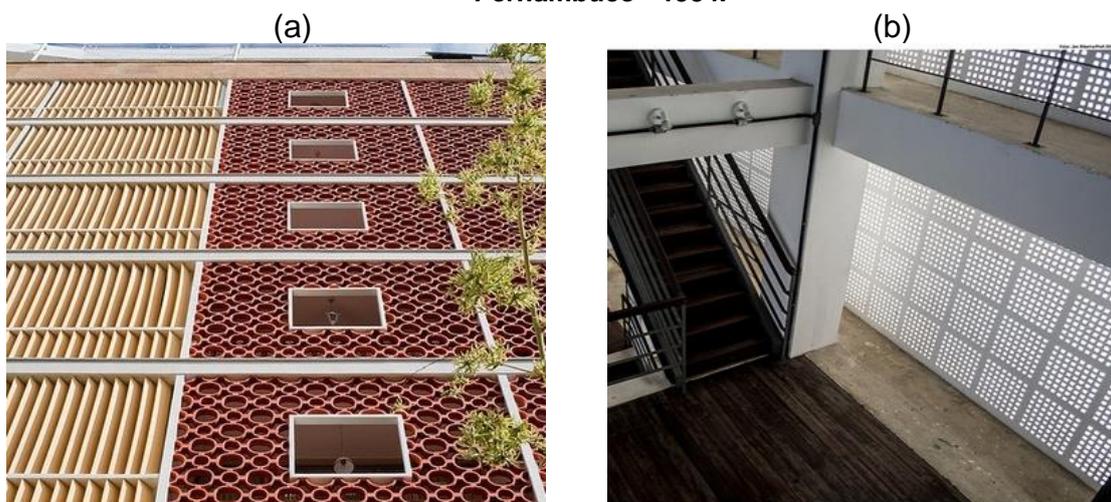
Na prática, quando utilizado permite a passagem da ventilação natural, ao mesmo tempo em que reduz a incidência de luz solar, fatores adequados para projetos em lugares de clima quente e úmido principalmente (BORGES, 2015).

Assim, é usado para garantir a passagem de luz, conferir privacidade e permitir a ventilação evitando grandes ventos, o cobogó funciona para fechamento ou divisão de ambientes de maneira suave formando um jogo de luz e sombra, com efeito, muito bonito. Também é um aliado na economia de energia, uma vez que filtra o sol e garante ventilação permanente (PORTO, 2012).

A partir dos anos 50, devido à arquitetura moderna de Oscar Niemayer e Lúcio Costa, o cobogó passou a ser mais reconhecido, e também passou a ser utilizado no interior de casas, como divisor de ambientes, conforme cita Nunes (2015). O cobogó, muito utilizado por de arquitetos e designers de interiores que procuram inovar e acrescentar estilo em seus projetos. Eles são utilizados para separar e decorar ambientes de uma forma moderna e descontraída. Como eles permitem a passagem da luz, favorecem a ventilação, podem ser usados permitindo uma composição de divisória funcional e elemento decorativo ao mesmo tempo (VOITILLE, 2013).

A primeira obra pública que utilizou o cobogó como recurso foi a Caixa D'Água Alto da Sé em Olinda no ano de 1934, obra do arquiteto carioca Luiz Nunes (Figura 2).

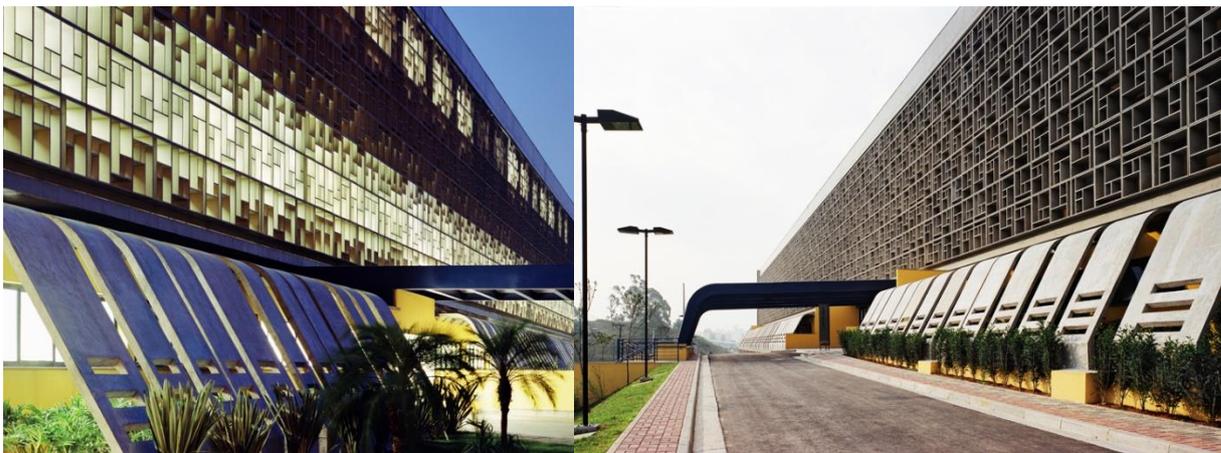
Figura 2: a) Cobogó na fachada de edifício em Brasília na década de 60. b) Caixa d'água Olinda - Pernambuco - 1934.



Fonte: Arquiteto Luiz Nunes.

Em São Paulo, o Hospital Municipal da Cidade Tiradentes de 2006 (Figura 3), projeto arquitetônico dos arquitetos Hercules Merigo e José Borelli, utiliza como proteção para a fachada principal, grandes elementos vazados de concreto deslocados das aberturas e alvenarias que permite ventilação constante e luz natural. Essa solução cria câmara de ar entra a edificação e o elemento de proteção solar que possui largura suficiente para manter a edificação longe das ações da umidade, radiação direta solar e o intemperismo (BORELLI E MERIGO, 2013).

Figura 3: Hospital Cidade Tiradentes, São Paulo – SP.



Fonte: BORELLI E MERIGO, 2013.

Podemos destacar também o projeto do colégio Prof. Marcos Alexandre Sodré de 2008, em Varzea Paulista – SP, como uma possibilidade conceitual do uso do cobogó (Figura 4). Um envelope de cobogós foi criado, onde a câmara de ar aberta em sua parte inferior permite a circulação e renovação do ar quente que será retirado pelas aberturas dos elementos vazados principalmente na proporção superior. O pano de cobogós, permite a entrada abundante do fluxo de ar e reduz a insolação direta sobre as salas de aula do colégio (MARÇAL, et al., 2013).

Figura 4: Colégio Prof. Marcos Alexandre Sodré. Várzea Paulista – SP.



Fonte: MARÇAL, et al., 2013.

A partir dos resultados obtidos e da investigação dos recursos construtivos, cobogós e fachadas ventiladas, ressalta-se que estes se apresentam como estratégias bioclimáticas para regiões de clima quente como o Brasil e se forem utilizados em conjunto, amplia-se ainda mais os benefícios para o conforto

ambiental, proporcionando ventilação natural permanente, proteção solar e iluminação natural, além de gerar maior privacidade aos ambientes e valorização e estética das construções, podendo contribuir em relação à conservação energética e minimização do impacto ambiental.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO UTILIZADO

O resíduo utilizado para realização do trabalho foi fornecido pela empresa SS Plásticos.

Localizada no município de Londrina – Paraná, a empresa surgiu em 1968 com o nome de “S. da Silva Oficina de Torno” com o objetivo de fabricar e dar manutenção a pequenos moldes para a indústria plástica que começava a se desenvolver na região norte do Paraná (Figura 5).

Dois anos mais tarde, já com o nome de “SS Indústria e Comércio de Plásticos” desenvolveram uma linha de acessórios plásticos para bilhar que permitiram aos clientes darem um salto de qualidade e inovações em seus produtos. Na sequência desenvolveram as linhas de materiais para floricultura, almotolias plásticas, conexões para eletrodutos e componentes para baterias automotivas. Sempre em sintonia com os parceiros, conseguem inovações que trazem ótimos resultados a todos os clientes (Figura 6).

Figura 5: Fachada da empresa SS Plásticos.



Fonte: SS Plásticos.

Figura 6: Produto desenvolvido na empresa.



Fonte: SS Plásticos.

O processo produtivo da empresa consiste na reciclagem de polipropileno (Figura 7) para fabricação de peças que posteriormente são vendidas, principalmente para indústrias produtoras de componentes para caixas de baterias automotivas (Figura 8).

Figura 7: Matéria prima do processo de reciclagem do PP.



Fonte: SS Plásticos.

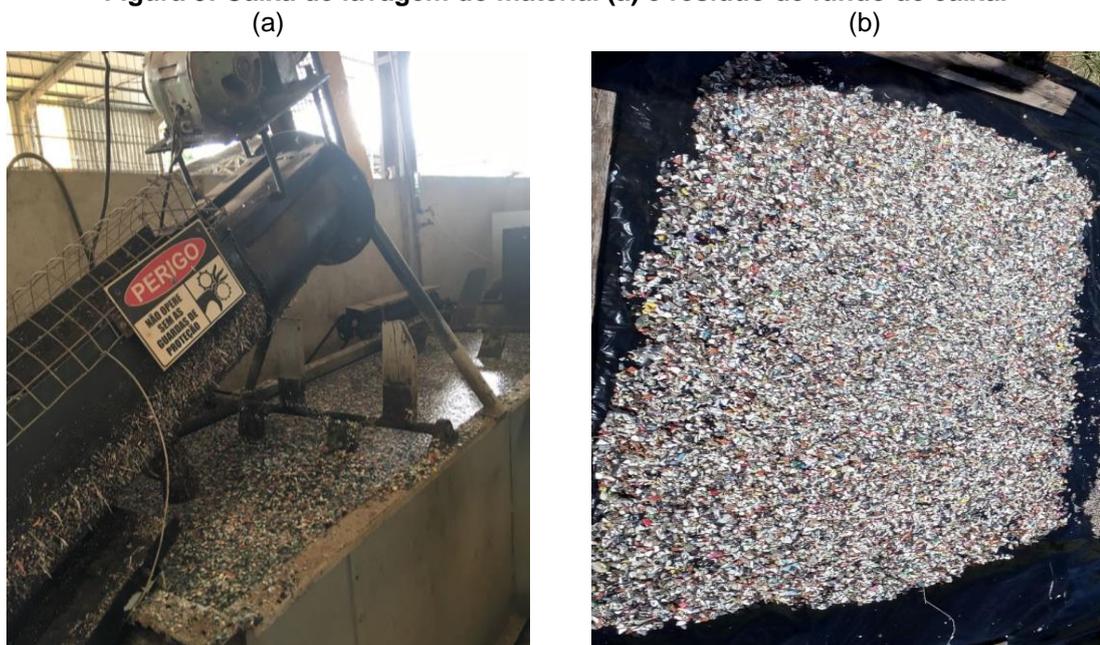
Figura 8: Polipropileno após processo de moagem (a) e pronto para etapa de confecção das peças (b).



Fonte: SS Plásticos.

Durante a reciclagem do material, um resíduo é produzido na fase de moagem, chamado de fundo de caixa (Figura 9), onde o material moído passa por uma caixa de lavagem e o produto principal, devido a sua baixa densidade, flutua e o resíduo afunda, podendo assim ser retirado do processo. Depois de retirado, o resíduo é armazenado até que empresa especializada contratada transporta-o para seu destino adequadamente.

Figura 9: Caixa de lavagem do material (a) e resíduo de fundo de caixa.



Fonte: Autoria Própria.

O resíduo foi submetido a análises realizadas no laboratório de saneamento da UTFPR– Campus Londrina, para verificar sua massa específica e umidade.

A massa específica do resíduo é definida como a relação entre a massa e o volume. Para isso, massa e volume foram analisados em duas amostras e assim, extraído o valor de massa específica do resíduo.

O calculo da umidade do resíduo foi realizado com base nos procedimentos da Associação Americana de Saúde Pública (APHA,1998), onde foram obtidos valores do peso do resíduo em seu estado natural e após 24 horas em estufa de secagem à 70 °C.

Basicamente composto por água, fibras e pequenas frações de polipropileno, este resíduo é parte importante no desenvolvimento do cobogó proposto neste trabalho.

4.2 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DO COBOGÓ

Para análise da proporção de resíduo utilizado em substituição a areia foram confeccionadas amostras de cobogó na empresa Santini Artefatos de Cimento, fabrica localizada na cidade de Londrina-PR, especializada na produção de artefatos de concreto.

Os materiais empregados na fabricação das amostras foram:

- Cimento
- Pedrisco
- Areia de média
- Água
- Resíduo do processo de reciclagem do PP.

A produção dos cobogós é realizada, pela referida empresa, de forma totalmente artesanal e sem ensaios de controle de qualidade por laboratórios especializados. No desenvolvimento da peça original é empregada a proporção 3:1:1 (3 partes de areia, 1 parte de cimento e 1 parte de pedrisco).

Para fabricação das amostras deste estudo a empresa forneceu o respectivo molde (Figura 10) e como desmoldante foi utilizado óleo queimado.

Aleatoriamente, foram adotados traços de substituição da areia pelo resíduo em estudo em proporções de 20, 40 e 60% em volume total de agregados miúdos e cimento (sem água), descritos na Tabela 2.

Figura 10: Molde utilizado na fabricação das peças. Vista



Fonte: Aatoria própria.

Tabela 2: Composição em volume dos traços adotados.

<i>Proporção (%)</i>	<i>Volume de Areia (L)</i>	<i>Volume de Cimento (L)</i>	<i>Volume de Pedrisco (L)</i>	<i>Volume de Resíduo (L)</i>	<i>Volume de Água (L)</i>
0	6	2	2	0	0,5
20	4	2	2	2	0,5
40	2	2	2	4	0,5
60	0	2	2	6	0,5

Fonte: Aatoria própria.

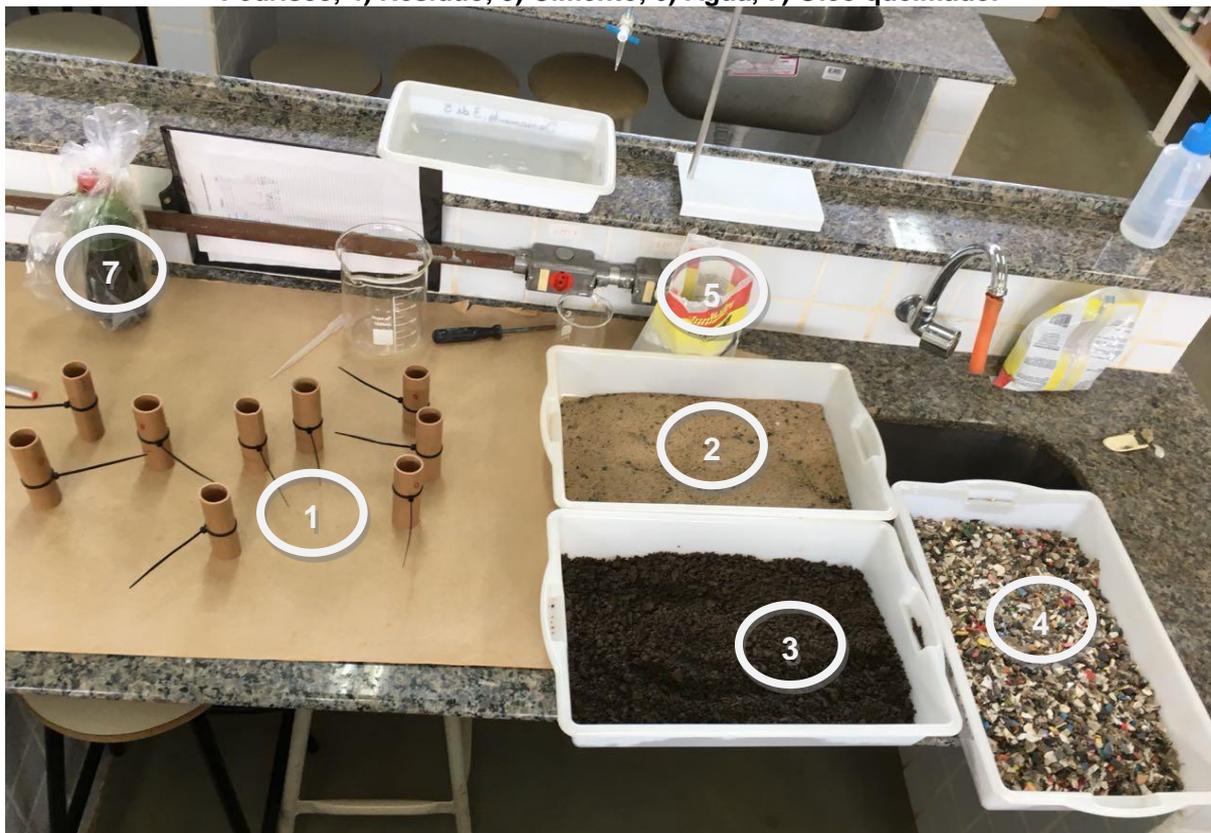
4.3 CONFECÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Embora os cobogós não sejam utilizados como elementos estruturas na construção civil, foram confeccionados oito (8) corpos de prova para cada respectivo traço (0% de resíduo, 20%, 40% e 60%). Esses foram submetidos aos testes de resistência à compressão simples e teor de absorção de água, como sugere a norma NBR10836/94 com a finalidade de avaliar a interferência da aplicação do resíduo em propriedades mecânicas do material empregado.

Assim como foi realizado com as peças de Cobogó, após um dia de cura, os corpos de prova foram retirados do molde.

Para confecção dos corpos de prova, foram utilizados 32 moldes de tubo de PVC ($\varnothing 25\text{mm}$), com 10 cm de altura, areia média, pedrisco, cimento, água, resíduo e óleo queimado, detalhados na Figura 11.

Figura 11: Materiais utilizados para confecção dos corpos de prova. 1) Tubos PVC, 2) Areia, 3) Pedrisco, 4) Resíduo, 5) Cimento, 6) Água, 7) Óleo queimado.



Fonte: Autoria própria.

4.3 ENSAIOS REALISADOS

4.3.1 Resistência a Compressão Simples (RCS)

O teste de resistência à compressão foi realizado de acordo com a norma ABNT NBR 10836/94 para bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural – Determinação da resistência à compressão e absorção de água. E os valores obtidos destes ensaios foram analisados de acordo com a norma ABNT NBR 10834: Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural – Especificação.

A norma sugere que a idade mínima dos corpos de prova sujeitos ao teste seja de no mínimo sete (7) dias e apresenta resultados para amostra com vinte e oito (28) dias de cura.

Deste modo, os ensaios de RCS foram realizados aos sete (7) e aos vinte e oito (28) dias, onde os corpos de prova foram submetidos à compressão pela prensa, com velocidade pré estabelecida de 0,5mm/min, de modo que o centro de gravidade estivesse no eixo de carga da prensa (Figura 12).

Figura 12: Equipamento utilizado no ensaio de resistência a compressão.



Fonte: Autoria própria.

4.3.2 Teor de Absorção de Água (ABS)

O grau de porosidade é indicado pelo teor de absorção de água, ou seja, quanto menor a absorção de água menor a porosidade e como consequência uma maior resistência.

Para o ensaio de ABS, os corpos de prova foram colocados por 24h em estufa a 110 °C e pesados logo após (massa seca). Em seguida os corpos de prova secos foram imerso em água por 24 h e pesados novamente em (massa úmida).

Os ensaios de ABS também foram realizados de acordo com a norma ABNT NBR 10836/94 para bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural – Determinação da resistência à compressão e absorção de água. E comparando os valores obtidos destes ensaios de acordo com a norma ABNT NBR 10834: Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural – Especificação, onde a mesma limita que os resultados de ABS não sejam maiores que 20% para os valores médios e 22% para valores individuais de ABS aos 28 dias de idade. Já para RCS a mesma determinam que a resistência média dos tijolos de solo cimento deve ser igual ou superior a 2,0 MPa, mas que os valores individuais não podem ser inferiores a 1,7 MPa para corpos de prova com no mínimo 7 dias de idade.

4.4 ANÁLISE SIMPLIFICADA DA VIABILIDADE ECONÔMICA

Foi realizado estudo de viabilidade econômica no tocante a esse novo destino para o resíduo, tornando possível estimar quanto à indústria e o meio ambiente iriam ganhar com a utilização deste material para desenvolvimento dos cobogós.

Para verificar se a utilização do resíduo proveniente da reciclagem do polipropileno é viável sob o ponto de vista econômico, tanto para a empresa geradora do resíduo quanto por parte das empresas absorvedoras deles na forma de matéria prima, foi necessário realizar uma análise econômica para avaliar o traço que apresentará melhores resultados nos ensaios de resistência e de propriedades físicas.

Esta análise exigiu levantar as seguintes informações: a) quantidade de resíduo gerado na empresa; b) custos de descarte do resíduo; c) quantidade de material utilizado na fabricação da unidade de cobogó; d) custo do material utilizado por unidade do cobogó.

Os resultados obtidos foram avaliados para definir o traço que apresentou melhores resultados nos ensaios de resistência e no estudo de viabilidade econômica.

5 RESULTADOS

5.1 CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO UTILIZADO

O resíduo em estudo, proveniente do processo de reciclagem do PP, atualmente vem sendo descartado pela empresa para aterro sanitário, visto que até então este não apresentava valor comercial nem se aplicava como matéria prima para outras empresas.

O resíduo é composto por peças de diferentes origens de polipropileno, como por exemplo, cadeiras, embalagens e outros, que foram moídos e lavados apenas com água, portanto sem adição de nenhum produto químico.

A destinação destes para aterro causa prejuízos ao meio ambiente, diminuindo a vida útil do aterro, e se descartado em outros locais contribuindo para contaminação da fauna e flora, devido a sua lenta degradação.

A massa específica do resíduo foi determinada utilizando valores de massa e volume descritos na Tabela 3.

Tabela 3: Análise da massa específica (ρ).

	M1 (g)	V1 (mL)	ρ (g/mL)	ρ (kg/m³)
Amostra 1	40,113	100	0,40113	401,13
Amostra 2	42,097	100	0,42097	420,97
Média	41,105	100	0,41105	411,05

Fonte: Autoria própria.

Com base nos valores obtidos em duplicata, foi possível encontrar o valor de 411,05 kg/m³ para massa específica do resíduo.

O cálculo de umidade do resíduo estudado, como sugere a metodologia aplicada, foi determinado com valores do peso do cadinho (P0), peso do cadinho + amostra em seu estado natural (P1) e peso do cadinho + amostra seca (P2), descritos na Tabela 4.

Tabela 4: Valores utilizados para obtenção da umidade do resíduo.

	Peso (g)
P0	63,869
P1	68,934
P2	68,516

Fonte: Autoria própria.

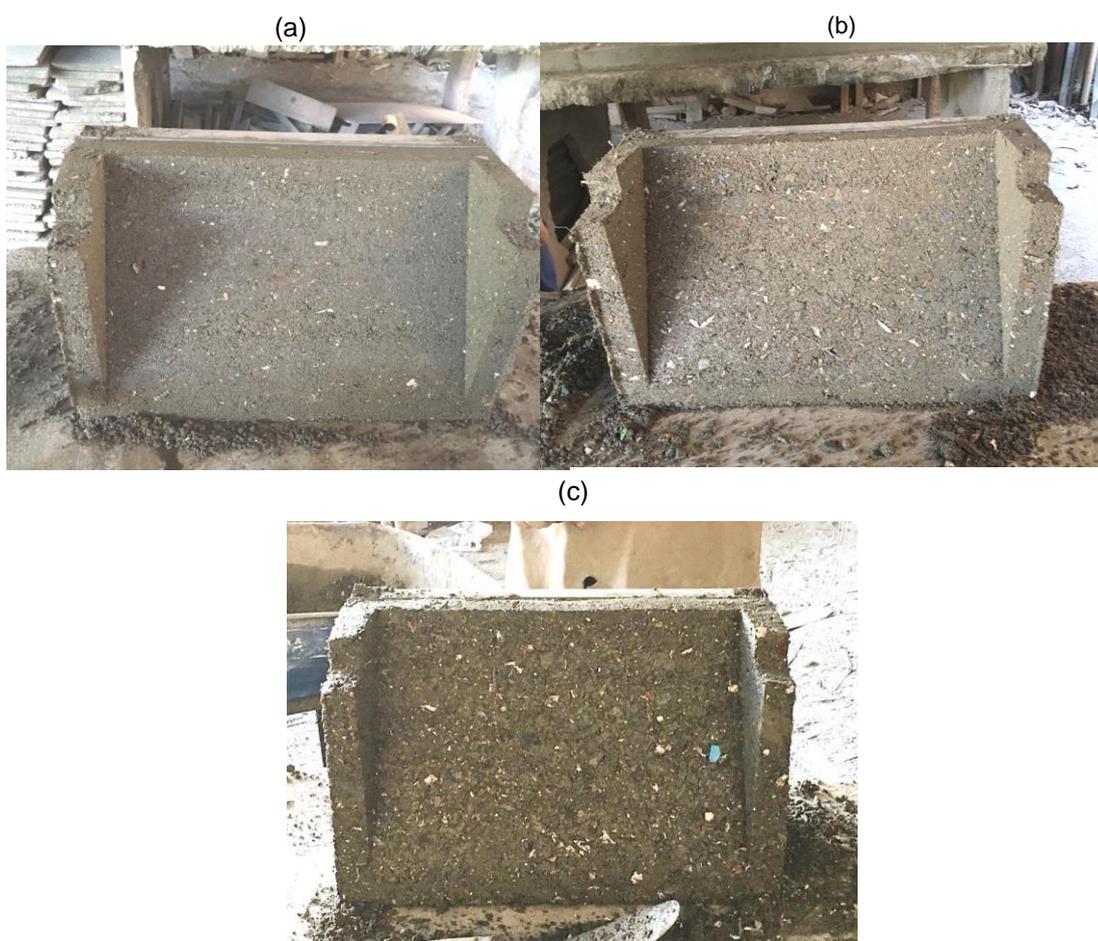
A partir dos dados da Tabela 4, foi encontrado o valor de 8,25% para umidade do resíduo.

5.2 DESENVOLVIMENTO DO COBOGÓ

De acordo com a metodologia aplicada, foi desenvolvida uma peça referente a cada traço previamente estabelecidos.

A Figura 13 apresenta as peças confeccionadas a partir dos diferentes traços, sendo a Figura 13a correspondente a peça com composição de 20% de resíduo, 13b peça com composição de 40% de resíduo e 13c peça com composição de 60% de resíduo.

Figura 13: Peça traço 20% (a), traço 40% (b) e traço 60% (c).



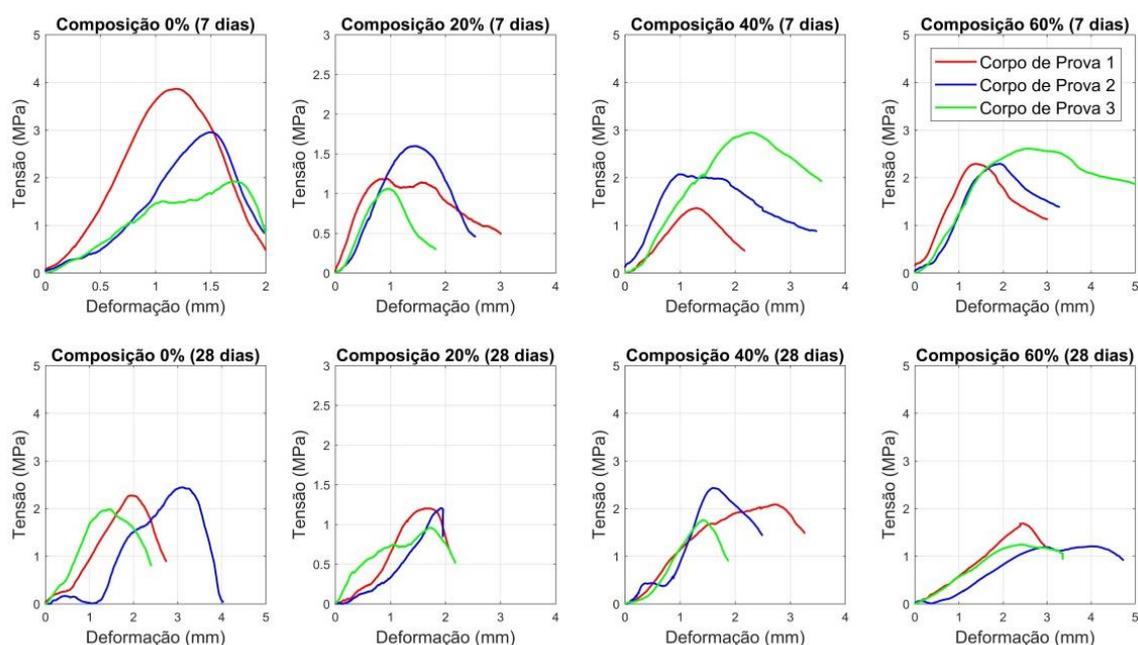
Fonte: Autoria própria.

5.3 ENSAIOS REALIZADOS

5.3.1 Resistência a Compressão Simples

A Figura 14 ilustra as curvas obtidas no teste de resistência a compressão simples pelo qual os corpos de prova foram submetidos.

Figura 14: Gráficos de tensão por deformação dos corpos de prova em 7 e 28 dias.



Fonte: Autoria própria.

Analisando os dados, pode-se notar diferença significativa no comportamento de resistência a compressão dos corpos de prova de mesmo traço. Na composição de 0% os corpos de prova com 7 dias de idade apresentaram um intervalo de valores de tensão máximos de 1,94 Mpa, bem como os corpos de prova de composição 40% em 7 dias que apresentam intervalo de 1,59 MPa, sendo esses a maior diferença entre as tensões máximas dos corpos de prova analisados.

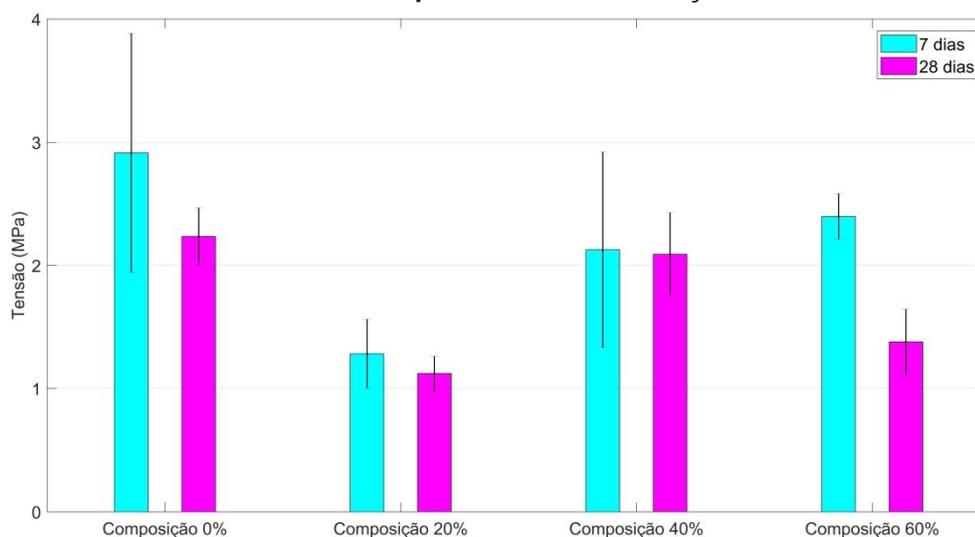
Nos testes realizados aos 28 dias, esta diferença entre valores máximos de tensão foi menor, sendo a maior diferença na composição de 0%, de 0,71 Mpa.

Essa diferença pode ser explicada devido à irregularidade do resíduo, uma vez que este é composto por parcelas de polímero de diferentes tamanhos. Outro fator que deve ser levado em consideração é a fabricação manual dos corpos de

prova, conferindo assim caráter artesanal aos mesmos, aumentando a diferença em suas composições.

A Figura 15 ilustra a média dos valores máximos e o desvio padrão de resistência a compressão obtidos em cada traço para 7 e 28 dias.

Figura 15: Gráfico de comparação da média dos valores máximos e desvio padrão de tensão em 7 e 28 dias para os diferentes traços.



Fonte: Autoria própria.

Analisando os resultados, pode-se verificar que a RCS dos corpos de prova, de maneira geral, diminui com o processo de cura, sendo o traço com composição de 60% o que apresentou maior diferença durante o período (2,39 MPa a 1,37 MPa) e o de 40% o mais estável (2,13 MPa a 2,09 MPa).

A norma ABNT 10834/94 exige um valor mínimo de RCS de 2 MPa aos 28 dias de cura da peça para o recebimento de blocos vazados destinados à execução de alvenaria sem função estrutural.

Diante disso, além do traço sem adição de resíduo (composição 0%), apenas a composição de 40% atendeu a exigência da norma em 7 e 28 dias de cura. A composição de 20% não atingiu os valores exigidos pela norma em nenhum teste realizado, e a composição de 60% atingiu apenas no teste realizado com 7 dias de cura. Isso pode ser estar relacionado com a interação da areia com o polímero presente no resíduo, que é de grande importância na manutenção da resistência a compressão do corpo, mostrando que valores extremos de substituição de areia por resíduo não são interessantes para confecção das peças, pois fazem com que o bloco perca significativamente suas características de resistência.

Portanto, no que se trata da substituição da areia utilizada na receita original pelo resíduo do processo de reciclagem do polipropileno, o traço de 40% é o recomendado. Apesar de apresentar valores de tensão inferiores ao da composição 0%, a composição de 40% atendeu as exigências da norma nos dois testes realizados, sendo assim, estando apto a ser utilizado na construção civil como bloco vazado sem função estrutural.

5.3.2 Absorção de Água

A Tabela 5 apresenta os valores de absorção de água dos corpos de prova estudados para cada traço adotado. Segundo a norma ABNT 10834/94, os blocos devem apresentar valores médios de absorção de água aos 28 dias de cura inferiores a 20% para serem destinados à execução de alvenaria sem função estrutural.

Tabela 5: Resultados do teste de absorção de água para os diferentes traços.

Composição	M1 (g)	M1' (g)	M2 (g)	ABS %
0%	101,63	100,05	111,44	11,02
	94,23	92,91	104,40	
20%	96,87	95,50	102,19	8,96
	91,78	90,02	101,67	
40%	95,11	93,17	102,51	9,67
	97,59	95,53	106,63	
60%	62,92	60,20	70,74	12,64
	70,86	69,17	77,46	

Fonte: Autoria própria.

Analisando os valores obtidos no ensaio de absorção de água, nota-se que todos os traços apresentaram resultados dentro dos padrões exigidos pela norma, apresentando valores de ABS mínimo de 8,96% para composição de 20% e máximo de 12,64% para composição de 60%.

5.4 VIABILIDADE ECONÔMICA

Analisando os gastos que a empresa geradora do resíduo tem com destinação do mesmo e os gastos que a fabrica de cobogó tem com a compra de

areia, sendo a areia, o insumo mais oneroso na produção do cobogó, foi possível verificar que substituição da areia pelo resíduo é viável.

Segundo informações da fábrica de cobogó, Santini, o preço médio do m³ de areia média é em torno de R\$75,00, o preço médio para destinação do resíduo, por parte da empresa geradora é em média R\$123,00.

Assim, se a fábrica de cobogó se dispuser a receber o resíduo por R\$50,00 o m³, a empresa geradora deste teria uma vantagem de R\$73,00. A fábrica de cobogó receberia R\$50,00 por m³ de resíduo que utilizasse, e gastaria este valor para transportar o resíduo da indústria geradora, mas ganharia os R\$75,00 que pagaria no m³ da areia. Este valor para o custo do transporte do resíduo foi estipulado com base em pesquisa de mercado, onde o valor do serviço foi cotado em 3 empresas e R\$50,00 foi o valor médio encontrado.

A vantagem financeira para empresa geradora do resíduo seria igual a R\$430,00 ao mês, visto que sua geração é em torno de 5,9 m³/mês. Para fábrica de cobogó, tendo a sua disposição os mesmos 5,9 m³ de resíduo ao mês, a vantagem financeira na substituição da areia pelo resíduo seria de R\$440,00 ao mês. Sendo assim, o ganho total da utilização dos resíduos ao invés da areia seria de R\$870,00 ao mês.

Analisando a situação atual da fábrica de cobogó, para cálculo da economia que a incorporação do resíduo traria, adotamos que a mesma produz 2000 peças ao mês, totalizando um volume de 12 m³ de areia por mês, com custo médio de R\$900,00. Em cada peça haverá a redução de 2/3 do volume de areia, isso resultará em 4 m³ por mês, representando uma economia na compra de areia de R\$600,00 reais.

Para suprir a produção, 2000 peças com 40% de resíduo, seriam necessários 8 m³ de resíduo, o que geraria um custo médio de R\$400,00 ao mês com o transporte deste da fábrica geradora até a fábrica de cobogó. Assim, a economia com a incorporação do resíduo seria de R\$200,00 ao mês, substituindo 2/3 do volume de areia pelo resíduo da reciclagem do PP.

Portanto, a substituição do uso de areia pelo resíduo da reciclagem do polipropileno na confecção do cobogó é economicamente viável, pois reduz custos para quem precisa descartá-lo e para a empresa que tem a possibilidade de uso deste resíduo como matéria prima.

6 CONCLUSÃO

Do ponto de vista ambiental, a substituição da areia utilizada na receita original pelo resíduo proveniente do processo de reciclagem do polipropileno permitiria que o resíduo deixasse de ir para o aterro sanitário, contribuindo com o aumento da vida útil dos mesmos e atendendo a legislação ambiental que estabelece o reuso de materiais como destino mais adequado.

Os resultados da RCS foram satisfatórios, uma vez que o traço de 40% apresentou valores acima dos exigidos na norma nos ensaios realizados em 7 e 28 dias de cura, 2,13 MPa e 2,09 MPa respectivamente.

Os resultados de ABS de água também foram positivos, apresentando valores em todos os traços de acordo com as exigências da norma, sendo 11,02% para a composição 0%, 8,96% para composição 20%, 9,67% para composição de 40% e 12,64% para composição 60%.

Do ponto de vista econômico, a utilização do resíduo como matéria prima para confecção do cobogó se torna interessante por conta da capacidade de economia que esta pode gerar, diminuindo os custos da empresa que compra areia (fabrica de cobogó) e também os custos com destinação do resíduo pela fabrica que o gera (reciclagem de PP).

Para resultados mais satisfatórios, estudos futuros poderiam ser realizados para determinar melhores formas de usufruir dos benefícios que a incorporação do resíduo pode proporcionar na confecção do cobogó, como por exemplo a realização da trituração do mesmo, a fim de padronizar sua granulometria e analisar qual a resistência a compressão seria obtida.

Diante disto, o presente trabalho demonstrou a potencialidade de aplicação do resíduo do processo de reciclagem de polipropileno para desenvolvimento de cobogó, unindo viabilidade ambiental e econômica, resultando em uma alternativa sustentável para destinação de um resíduo que até então não apresentava potencial de reutilização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGNELLI, J. A. M. **Reciclagem de polímeros: situação brasileira.** Polimeros: Ciência e Tecnologia, v.4, n.4, p.9-18, 1996.

ALCÂNTARA, P. L. **Aspectos da Sustentabilidade: Estudo de Bloco para Vedação Produzido a Partir de Resíduos da Construção Civil.** Dissertação Mestrado em Engenharia e Arquitetura. Universidade Fumec. Belo Horizonte, 2009.

ÂNGULO, S. C.; ZORDAN, S. E.; JOHN, V. M. **Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil.** São Paulo: SP, 2001.

ANÔNIMO, **Pavimento intertravado alia durabilidade e estética.** São Paulo, ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/cms/imprensa/banco-de-pautas/pavimento-intertravado-alia-durabilidade-e-estetica/>>. Acesso em: 28 abr. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS

_____ NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, RJ, 2004. 77p.

_____ NBR 10005: Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, RJ 2004. 20p.

_____ NBR 10006: Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, RJ, 2004. 7p.

_____ NBR 10007: Amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, RJ. 2004. 25p.

_____ NBR 10834: Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural. Especificação. Rio de Janeiro, RJ, 1994. 3p.

_____ NBR 10836: Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural – Determinação da resistência à compressão e da absorção de água. Método de ensaio. Rio de Janeiro, RJ, 1994. 2p.

_____ NBR 11174: Armazenamento de resíduos classes II - não inertes e III - inertes – Procedimento. Rio de Janeiro, RJ, 1990. 7p.

_____ NBR 12980: Coleta, varrição e acondicionamento de resíduos sólidos urbanos – Terminologia. Rio de Janeiro, RJ, 1993. 6p.

_____ NBR 13463: Coleta de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, RJ, 1995. 3p.

_____ NBR 15115: agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação – procedimentos. Rio de Janeiro, RJ, 2004. 48p.

_____ NBR 15116: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – requisitos. Rio de Janeiro, RJ, 2004. 48p.

BITTENCOURT, Sarah Ferreira et al. **Avaliação da resistência à compressão de pavers produzidos com agregados de resíduos de construção e demolição e areia de fundição.** Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas. 2012.

BORBA, C.; VIEIRA, A. **Cobogó de Pernambuco.** 1 ed. Recife, 2012.

BORGES, Bruna Dagostin. **Revestimento ceramicotranslúcido inspirado no cobogó**. 2015. 69 f. TCC (Graduação) - Curso de Design de Produto, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Unesc, Criciúma, 2015. Disponível em: <[http://dspace.unesc.net/bitstream/1/4017/1/BrunaDagostin Borges.pdf](http://dspace.unesc.net/bitstream/1/4017/1/BrunaDagostin_Borges.pdf)>. Acesso em: 02 out. 2017.

BRASIL, MMA, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **O que é produção sustentável**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/producao-e-consumo>>. Acesso em: 17 jun. 2017.

BRASIL, MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Saco é um saco**. Brasília: MMA/SBF, 2012. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/producao-e-consumo-sustentavel/saco-e-um-saco>>. Acesso em: 17 jun. 2017.

BRASIL. Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 3 de ago. 2010.

CANEVAROLO, S. V. **“Ciência de Polímeros”**, 2. ed., Artliber. São Paulo, 2007.

CARDOSO, R. S., XAVIER, L. H., GOMES, C. F. S., ADISSI, P. J. **Uso de SAD no apoio à decisão na destinação de resíduos plásticos e gestão de materiais**. Pesquisa Operacional, p. 67-95. 2009.

CARNIN, R. L. P.; SILVA, C. O.; POZZI, R. J.; CARDOSO, D.; FOLGUERAS, M. V.; MALKOWSKI, W. **Desenvolvimento de peças de concreto (Paver) contendo areia descartada de fundição para pavimento intertravado**. Revista Pavimentação, p. 56-67, 2010.

CARVALHO, G. M., MANSUR, H. S., VASCONCELOS, W. L., ORÉFICE, R. L. **Obtenção de compósitos de resíduos de ardósia e polipropileno**. Polímeros, p. 98-103. 2007.

CERESANA, Market Intelligence, Consulting. **Market Study: polypropylene**. 3rd edition. Disponível em: <<http://www.ceresana.com/en/market-studies/plastics/polypropylene/>>. Acesso em: 21 mai. 2017.

CHERIAF, M.; ROCHA, J. C. **Caracterização dos resíduos industriais do estado de Santa Catarina e as possibilidades de valorização na construção civil**. Encontro Nacional sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, v. 1, p. 1.997-81-86, 1997.

CHO, R. **What Happens to All That Plastic?** State of the Planet. Earth Institute, Columbia University. Disponível em: <<http://blogs.ei.columbia.edu/2012/01/31/what-happens-to-all-that-plastic/>>. Acesso em: 30 mai. 2017.

DEBAPRIYA, D.; SUKUMAR, M.; ADHIKARI, B. **Reclaiming of rubber by a renewable resource material (RRM).II**. Comparative evaluation of reclaiming process of NR vulcanizate by RRM and diallyl disulfide. Journal of Applied Polymer Science, v. 73, n. 14, p. 2951-2958, 1999.

DELAQUA, V. **Cobogós: breve história e usos**. ArchDaily Brasil. 2015. Disponível em: <<<http://www.archdaily.com.br/br/768101/cobogo>>. Acesso em: 02 out. 2017.

ENBRI. **Development of a framework for environmental assessment of building materials and components**. ENBRI Proposal to European Community BRITE EURAM Program. ENBRI, 1994.

FARIA, F. P.; PACHECO, E. B. A. V. **Aplicação da ferramenta produção mais limpa na reciclagem de plástico**. 2nd International Workshop Advances in Cleaner Production. p. 1-9. 2009.

FERNANDES, I. **Artefatos de cimento: como identificar blocos e pavers de qualidade**. Menegotti em Revista. 2011.

FERRAZ, A. L. N.; SEGANTINI, A. A. S. **Engenharia sustentável: aproveitamento de resíduos de construção na composição de tijolos de solo-cimento**. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 5., 2004, Campinas. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC000000022004000100052&lng=en&nrm=abn>. Acesso em: 02 out. 2017.

FIORITI, C. F.. **Pavimentos intertravados de concreto utilizando resíduos de pneus como material alternativo**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2007.

FIORITI, C. F.; AKASAKI, J. L.; INO, A. **Fabricação de pavimentos intertravados de concreto utilizando resíduos de recauchutagem de pneus**. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, USP, 2006.

FK COMÉRCIO. **Elemento vazado de cimento**. São Paulo, 2018. Disponível em: <http://www.fkcomercio.com.br/elemento_vazado_de_cimento.html>. Acesso em: 13 abr. 2018.

FLOHR, L., BRENTANO, D. M., CARVALHO-PINTO, C. R. S., MACHADO, V. G., MATIAS, W. G. **Classificação de resíduos sólidos industriais com base em testes ecotoxicológicos utilizando Daphnia magna: uma alternativa**. 2005

FRANCO, L.S. **Desempenho da alvenaria à compressão**. 1988.

GRANDE, F. M. **Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com adição de sílica ativa**. Dissertação Mestrado. São Carlos: EESC-USP, 165p. 2003.

GOMES, G. C. **Desenvolvimento de uma metodologia para o projeto de paredes de elementos vazados fundamentada na gramática compositiva das simetrias planas**. (Iniciação Científica, FEC-UNICAMP, orientação – Profa. Dra. Ana Lúcia N.C. Harris), Relatório final, 2008.

INTERPAVI, **Pavimentação Intertravada**. Conteúdo Técnico. Disponível em: <<http://www.interpavi.com.br/brazil/tecnico.htm>>. Acesso em: 15 mai. 2017.

JACOMINO, V. M. F. **Controle ambiental das indústrias de produção de ferro-gusa em altos-fornos a carvão vegetal; projeto Minas Ambiente.** Segrac, 2002.

JHON, V. M. **Aproveitamento de resíduos sólidos como materiais de construção.** 2001. Disponível em: < http://www.pick-upau.org.br/mundo/reciclagem_entulho/reciclagem_entulho/capitulo_01.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2017.

JOHN, V. M. **Panorama sobre a reciclagem de resíduos na construção civil.** Seminário Desenvolvimento Sustentável e a reciclagem na construção civil, v. 2, p. 44-55, 1999.

JOHN, V.M. **Reciclagem de resíduos na construção civil – contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento.** Tese, livre docência – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 102p., 2000.

LEITE, M. B. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição.** Porto Alegre, RS. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia da UFRGS, 290p. 2001.

LIMA, R. C. O. **Estudo da durabilidade de paredes monolíticas e tijolos de solo-cimento incorporados com resíduo de granito.** Campina Grande, Paraíba Brasil., 2010.

LODI, A. L. G.; GAMBIN, G. R.; WEIT, M. L. **Incorporação de resíduos vítreos na fabricação de blocos de concreto para pavimentação intertravada.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2014.

LOPES, J. P., ALTOÉ, S. P. S., RUDNICK, T., HUMBERTO, C., & MARTINS, A. S. **Utilização da cinza pesada da cana-de-açúcar para confecção de artefatos de cimento para pavimentação.** Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia. Foz do Iguaçu, Brasil, 2016.

LUCAS, D.; BENATTI, C. T. **Utilização de resíduos industriais para a produção de artefatos cimentícios e argilosos empregados na construção civil.** Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, v. 1, n. 3, p. 405-418, 2008.

MAIER, C.; CALAFUT, T. **Polypropylene: thedefinitiveuser'sguideanddatabook.** William Andrew, 1998.

MANO, E. B; PACHECO, E. B. A. V.; BONELLI, C. M. **Meio ambiente, poluição e reciclagem.** São Paulo: Edgard Blucher, 2005.

MARÇAL, V.; SOARES, G.; SOUZA, H. **Análise de elementos arquitetônicos: cobogós e fachadas ventiladas.** Encontro Nacional de Conforto Ambiente Construído. Brasília, 2013.

MARTINS, C. T.; JESUS, A. S.; REGINI, G.; ROCHA, F. **Percepção ambiental sobre o uso de sacolas plásticas.** XIV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e X Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale

do Paraíba. 2010. Disponível em: <http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2010/anais/arquivos/RE_0236_0712_01.pdf>. Acesso em: 30 mai. 2017.

MENEZES, R. R.; NEVES, G. A.; FERREIRA, H. C. **O estado da arte sobre o uso de resíduos como matérias-primas cerâmicas alternativas**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 6, n. 2, p. 303-313, 2002.

MOURA, L. A. A. **Economia Ambiental: gestão de custos e investimentos**. São Paulo, 2000.

NAUMOFF, A.F.; PERES, C.S. **Reciclagem de matéria orgânica**. In: PANOSSIAN, Z. Corrosão e proteção contra corrosão em equipamentos e estruturas metálicas. São Paulo: IPT, v. 2. 2000.

NETA, A. S. J. **Meio ambiente e gestão dos resíduos sólidos: estudo sobre o consumo sustentável a partir da lei 12.305/2010**. In: Âmbito Jurídico, Rio Grande, XV, n. 98, mar 2012. Disponível em: <http://www.ambitojuridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=11291>. Acesso em: 25 set. 2017.

NETO, G. C. O.; CHAVES, L. E. C.; VENDRAMETTO, O. **Vantagens econômicas e ambientais na reciclagem de poliuretano em uma empresa de fabricação de borracha**. Exacta, v. 8, n. 1, 2010.

NUNES, C. **O uso do cobogó na arquitetura bioclimática**. SustentArqui. 2015 Disponível em: < <http://sustentarqui.com.br/dicas/o-uso-do-cobogo-na-arquitetura-bioclimatica>>. Acesso em: 02 out. 2017.

OLIVEIRA, D. M.; CASTILHOS Jr., A. B.; NICOLETTI, A. **Classificação de resíduos industriais (NBR 10.004): uma ferramenta para o gerenciamento de resíduos da indústria petrolífera**. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental No. 22; V Feira Internacional de Tecnologias de Saneamento Ambiental. ABES, 2003. p. 1-15.

OLIVEIRA, M. J. E. **Materiais descartados pelas obras de construção civil: Estudo dos resíduos de concreto para reciclagem**. Rio Claro, SP. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, 211p. 2002.

PARANÁ (Estado). Lei nº 12.493, de 22 de janeiro de 1999. Estabelece princípios, procedimentos, normas e critérios referentes à geração, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos no Estado do Paraná, visando controle da poluição, da contaminação e a minimização de seus impactos ambientais e adota outras providências. **Diário Oficial do Estado do Paraná**, Paraná, 22 jan. 1999.

PIATTI, T. M.; RODRIGUES, R. A. F. **Plásticos: características, usos, produção e impactos ambientais**. Maceió. Edufal, 2005.

PINTO, T.P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. Tese Doutorado – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo. 189p. 1999.

PORTO, L. **Saiba o que são os Cobogós, elemento arquitetônico 100% nacional**. Disponível em: <http://engecia.blogspot.com.br/2011/08/saiba-o-que-sao-os-cobogos-elemento.html> Acesso em: 20 fev. 2018.

Plásticos e Reciclagem: Plaskaper. Disponível em: <http://www.kapersul.com.br/reciclagem-plastico-plaskaper.php>.

PRONTOMIX. **Pavimentos e Blocos de Concreto. Pavimentação Intertravada de Blocos de Concreto.** Disponível em: http://www.prantomix.com.br/site/sites/default/files/downloads/manual_ppavt.pdf. Acesso em: 15 de mai. 2017.

RESO, Soluções Ambientais. **Polipropileno – Embalando o mundo com eficiência e praticidade.** Disponível em: <http://resoambiental.com/2015/06/polipropileno-embalando-o-mundo-com-eficiencia-e-praticidade/>. Acesso em: 21 mai. 2017.

Resolução CONAMA nº 023, de 12 de dezembro de 1996: "Regulamenta a importação e uso de resíduos perigosos". - Publicação DOU nº 013, de 20/01/1997, págs. 1116-1124.

Resolução CONAMA nº 275, de 25 de abril de 2001: "Estabelece código de cores para diferentes tipos de resíduos na coleta seletiva" - Publicação DOU nº 117, de 19/06/2001, pág. 080.

Resolução CONAMA nº 307, de 05 de julho de 2002: "Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil". - Publicação DOU nº 136, de 17/07/2002, págs. 95-96.

Resolução CONAMA nº 313, de 29 de outubro de 2002: "Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais" - Publicação DOU nº 226, de 22/11/2002, págs. 85-91

Resolução CONAMA nº 316, de 29 de outubro de 2002: "Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos". - Publicação DOU nº 224, de 20/11/2002, págs. 92-95 Alterada pela Resolução nº 386, de 2006.

Resolução CONAMA nº 358, de 29 de abril de 2005: "Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências." - Publicação DOU nº 084, de 04/05/2005, págs. 63-65.

Resolução CONAMA nº 404, de 11 de novembro de 2008: "Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos." Publicação DOU nº 220, de 12/11/2008, pág. 93.

ROCHA, J. C.; CHERIAF, M. **Aproveitamento de resíduos na construção.** Coletânea Habitare. v. 4, p. 72-93, 2003.

ROLIM, M. M.; FREIRE, W. J.; BERALDO, A. L. **Análise comparativa da resistência à compressão simples de corpos-de-prova, tijolos e painéis de solo-cimento.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 3, n. 1, p. 89-92, 1999.

ROSÁRIO, F.; PACHEKOSKI W. M.; SILVEIRA, A. P. J.; SANTOS, S.F.; JUNIOR, H. S.; CASARIN, S. A. **Resíduos de Sisal como Reforço em Compósitos de Polipropileno Virgem e Reciclado.** Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/po/2011nahead/AOP_0493.pdf. Acesso em: 12 mai. 2017.

ROSÁRIO, T.; TORRESCASANA, C. E. N. **Tijolo de solo-cimento produzidos com resíduos de concreto.** Tese Mestrado em Engenharia Civil - Universidade Comunitária da Região de Chapecó. 15 f. 2011.

SEGANTINI, Antonio Anderson da Silva; WADA, Patrycia Hanna. Estudo de dosagem de tijolos de solo-cimento com adição de resíduos de construção e demolição. **Acta Scientiarum. Technology**, [s.l.], v. 33, n. 2, p.179-183, 20 abr. 2011. Universidade Estadual de Maringa. <http://dx.doi.org/10.4025/actascitechnol.v33i2.9377>.

SILVA, J. R. S. **Produção sustentável na reciclagem mecânica de resíduos plásticos.** Goiânia. Revista Especialize 8ª Edição nº 009 Vol.01/2014.

SIMIELI, D.; MIZUMOTO, C.; SEGANTINI, A. S.; MOREIRA, F. **Utilização de Agregados Reciclados em Pavimentos Intertravados.** Revista Exata. Centro Universitário Nove de Julho. São Paulo, 10p. 2007.

SOUZA, M. ; SEGANTINI, A.; PEREIRA, J. A. **Tijolos prensados de solo-cimento confeccionados com resíduos de concreto.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, p. 205-212, 2008.

SOUZA, M. I. B. **Análise da adição de resíduos de concreto em tijolos prensados de solo-cimento.** Dissertação Mestrado. Ilha Solteira: UNESP, 121p. 2006.

SPINACÉ, M. A. S.; PAOLI, M. A. **A tecnologia da reciclagem de polímeros.** Quim. Nova, v. 28, n. 1, p. 65-72, 2005.

TADA, A. M., ALMEIDA, A. M. G., GONÇALO Jr, P. R., KIMURA, W. **Resíduos sólidos urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte.** Florianópolis, Editora Rima Artes e Textos. 2013.

TSL Engenharia, Manutenção e Meio Ambiente. **Reciclagem de Polipropileno.** Disponível em: < <http://www.tslambiental.com.br/reciclagem-polipropileno>>. Acesso em: 15 de mai.de 2017.

TURATSINZE, A., BONNET, S.; GRANJU, J. L. **Mechanical characterisation of cement based mortar incorporating rubber aggregates from recycled worn tyres.** BuildingandEnviroment, p. 1-6. 2004.

VOITILLE, N. **Elementos vazados.** Clique Arquitetura. 2013. Disponível em: <<http://www.cliquearquitetura.com.br/artigo/elementos-vazados.html>>. Acesso em: 25 set. 2017.

ZANIN, M.; MANCINI, S.D. **Resíduos plasticos e reciclagem:aspectos gerais e tecnologia.** 2nd ed. São Carlos: EdUFSCar, 138 p., 2015.