

FUNDAÇÃO EDUCACIONAL DE ITUVERAVA
FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS

Gabriel da Silva Matos

**POLITEREFTALATO DE ETILENO (PET) E SUAS APLICAÇÕES NA
CONSTRUÇÃO CIVIL**

**ITUVERAVA
2021**

GABRIEL DA SILVA MATOS

**POLITEREFTALATO DE ETILENO (PET) E SUAS APLICAÇÕES NA
CONSTRUÇÃO CIVIL**

**Projeto de Conclusão de Curso apresentado
à Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras.
Fundação Educacional de Ituverava para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.**

**Orientador (a): Prof^a Fernanda Cristina da
Silva Cardoso Fernandes**

**ITUVERAVA
2021**

GABRIEL DA SILVA MATOS

**POLITEREFTALATO DE ETILENO (PET) E SUAS APLICAÇÕES NA
CONSTRUÇÃO CIVIL**

**Projeto de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras.
Fundação Educacional de Ituverava para
obtenção do título de Bacharel em Engenharia
Civil.**

Ituverava, ____ de _____ de ____ .

Orientador (a): _____
Fernanda Cristina da Silva Cardoso Fernandes

Examinador (a): _____
Nome do examinador (a)

Examinador (a): _____
Nome do examinador (a)

AGRADECIMENTOS

Muito Obrigado,

A Deus que me instruiu com sabedoria e discernimento para a realização deste Trabalho.

Aos meus pais e minha avó, pelo apoio, atenção, paciência e todos os conselhos que foram dados.

Aos meus amigos e namorada, por toda força que me deram ao decorrer do curso.

A minha orientadora, Fernanda Cristina da Silva Cardoso Fernandes, pela dedicação e apoio que me deu durante a elaboração deste Trabalho.

A todos os professores e envolvidos, pelos ensinamentos e experiências compartilhadas.

RESUMO

O Politereftalato de Etileno (PET), é conhecido mundialmente por fazer parte de quase todas as embalagens de refrigerantes e outras bebidas, e atualmente, estudos vêm utilizando o mesmo em algumas áreas da construção civil, como forma de tornar a construção mais sustentável e também diminuir a quantidade do descarte de plástico no meio ambiente. O PET foi desenvolvido em meados de 1941, durante a Segunda Guerra Mundial, sua utilização era voltada para a indústria têxtil. Somente em 1960 é que estudos comprovaram sua alta resistência e outras características muito válidas na engenharia. Este Trabalho de Conclusão de Curso, aborda sobre as possibilidades do uso do PET na construção civil com objetivo de comprovar através de estudos onde pode ser empregado e se atinge tais finalidades propostas. É possível através de tecnologias já existentes e também com a facilidade no desenvolvimento de novas, cada vez mais reaproveitar e utilizar o PET em várias áreas da Construção Civil.

Palavras-chave: Plástico; Reutilização; Ecológico; Construção; Concreto; Asfalto; Alvenaria.

SUMMARY

Polyethylene terephthalate (PET) is known worldwide for being part of almost all packaging for soft drinks and other beverages, and currently studies are using it in some areas of civil construction, as a way to make construction more sustainable and also reduce the amount of plastic discarded into the environment. PET was developed in mid-1941, during World War II, its use was aimed at the textile industry, only in 1960 studies proved its high resistance and other very valid characteristics in engineering. This Undergraduate Final Project discusses the possibilities of using PET in civil construction, this final paper addresses the possibilities of using PET in construction with the aim of proving through studies where it can be applied and whether it achieves these proposed purposes. It is possible, through existing technologies and also with the ease of developing new ones, to increasingly reuse and use PET in various areas of Civil Construction.

Keywords: Plastic; Reuse; Ecologic; Construction; Concrete; Asphalt; Masonry.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Identificação e simbologia.....	13
FIGURA 2	Distribuição de Patentes por área de aplicação do biopolímero	18
FIGURA 3	Uso do plástico em canteiros de obras	19
FIGURA 4	Exemplos de plástico em encanamentos.....	20
FIGURA 5	Allianz Stadium.....	21
FIGURA 6	Policloreto de Vinila (PVC) na construção civil	22
FIGURA 7	Tubos em Poliamida utilizados na construção civil.....	23
FIGURA 8	Descarte de plástico no meio ambiente	23
FIGURA 9	Substituição de areia por PET em blocos de concreto	25
FIGURA 10	Produção de plástico	26
FIGURA 11	Produção de resíduo plástico no ambiente.....	27
FIGURA 12	Plástico no mar	28
FIGURA 13	Fibras PET agregadas ao concreto	30
FIGURA 14	Triturador de lâmina e PET triturado	32
FIGURA 15	Disposição das garrafas em parede experimental.....	33

LISTA DE ABREVIATURAS

CNI	Confederação Nacional da Indústria
CO ₂	Dióxido de Carbono
ETFE	Etileno Tetrafluoroetileno
MEF	Módulo de Elasticidade das Fibras
ONU	Organização das Nações Unidas
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PEBD	Polietileno de Baixa Densidade
PEBDL	Polietileno de baixa densidade linear
PET	Politereftalato de Etileno
PLA	Poliácido Láctico
PP	Polipropileno Homopolímero
PS	Poliestireno
PVC	Policloreto de Vinila

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1 Plástico: nomenclatura, tipos e propriedades.....	13
2.1.1 Propriedades físicas	14
2.1.2 Propriedades Químicas.....	16
2.1.3 Propriedades Físico-químicas.....	16
2.2 Plásticos: utilização.....	16
2.3 Plásticos: construção civil.....	18
2.4. Plástico: Desvantagens.....	25
3. METODOLOGIA	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	30
4.1 PET agregado ao concreto.....	30
4.2 PET na mistura asfáltica	31
4.3 PET como bloco de alvenaria	32
5. CONCLUSÃO	35
REFERÊNCIAS.....	36

1. INTRODUÇÃO

A história do plástico teve seu início no século XIX, onde Alexandre Parkers de origem inglesa, desenvolveu estudos com o nitrato de celulosa que é um tipo de resina, que na época recebeu o nome de “Parkesina”. Este material foi considerado o pioneiro na família dos plásticos e polímeros. Suas principais características eram a flexibilidade, podia ser pintado, impermeável, sólido e de cor opaca (VICENTE, 2009). Desde então, diversos outros materiais desta família foram sendo descobertos, como por exemplo, policloreto de vinila (PVC), silicone, poliestireno, nylon, viscose, policarbonato e entre outros.

A indústria têxtil foi a primeira a ser beneficiada pelos polímeros, somente depois com o desenvolvimento de novas tecnologias é que objetos começaram a serem feitos de plástico, e com isso foi possível produzir em larga escala e com preço mais acessível para a população mais carente (PIATTI; RODRIGUES, 2005).

Por volta do ano de 1960, através dos ingleses Whinfield e Dickson que já tinham criado em 1941 as primeiras amostras do PET (Politereftalato de Etileno), que conseguiram comprovar sua alta resistência mecânica, pois começaram a utilizá-lo na indústria de pneus, até então, seu forte era em aplicações têxteis. Com isso, logo o PET começou a ser encontrado em diversas embalagens, principalmente no armazenamento de bebidas, mundialmente conhecida como as “garrafas PETs”. No Brasil sua chegada para as mesmas funções já determinadas se deu em torno da década de 90 (VICENTE, 2009).

Para Piatti e Rodrigues (2005), o homem na construção sempre soube utilizar o que a natureza oferecia, desde pedras, areia, folhas, galhos, barro, etc., e com o passar do tempo e junto ao desenvolvimento de novas tecnologias, a construção civil também foi se readaptando e se tornando cada vez mais adepta a recursos sustentáveis, pois por mais que seja necessário para os seres humanos terem sua moradia e toda uma infraestrutura urbana, acaba que o meio ambiente sofre com a alta demanda da utilização dos recursos naturais.

Como forma de solucionar o grande descarte de garrafas PETs, estudos já comprovaram que esse polímero tem boas características físicas a serem utilizadas na engenharia. Pesquisadores colocaram em prática diversas teorias para que a reutilização desse material seja possível na construção civil, assim, diminuindo o impacto ambiental tanto em quantidade de lixo plástico, quanto tornando as construções mais sustentáveis, podendo ser reaproveitado em diversas formas: substituindo as britas na fabricação do cimento, substituindo a areia na fabricação de tijolos e blocos; e como peças preenchidas de areia ou entulho de obra, para assim junto com argamassa ou barro para formar as paredes.

O Objetivo deste Trabalho de Conclusão é mostrar e discutir a respeito das diversas formas em que o PET agrega na construção civil, e como é importante estudos para o reaproveitamento de materiais que são descartados em massa no meio ambiente.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Plástico: nomenclatura, tipos e propriedades.

De acordo com Blass (1988), o termo “plástico” no âmbito geral traz como significado algo que pode ser moldado, sendo que ele em algum momento da sua fabricação será moldado podendo após manter ou não essa propriedade. São materiais artificiais, em sua maioria de origem orgânica sintética, onde tomam formas a partir da exposição ao calor e pressão.

Para Vicente (2009), ao se aprofundar mais sobre essa propriedade de ser moldável, é possível obter dois tipos de plástico, aproveitando essa característica do material em ser fusível, os termoplásticos e termorrígidos:

- Termoplásticos: são moldáveis sempre que expostos a uma elevação de temperatura, onde se tornam fluídos e assim que há uma queda brusca voltam a sua forma inicial.
- Termorrígidos: são manuseáveis apenas na fabricação do objeto, após a confecção não se torna mais possível moldar o material.

De acordo com a NBR 13230:2008, é possível termos sete categorias para os plásticos, de forma que facilite na hora da separação para a reciclagem, são elas (Figura 1):

Figura 1 - Identificação e simbologia



Fonte: NBR 13230 (2008)

- Categoria 1: PET (Polietileno tereftalato) é um material rígido e transparente, ele sofre uma lenta cristalização, é amorfo, absorve muita umidade (éster), e pode fundir sob temperaturas próximas a 265°C. Também possui excelente resistência ao impacto e uma baixa permeabilidade aos gases.
- Categoria 2: PEAD (Polietileno de alta densidade) é um material opaco por ser muito denso e tem nível alto de cristalinidade. Possui grandes propriedades

mecânicas e químicas, é também muito resistente às baixas temperaturas, leve, impermeável, rígido.

- Categoria 3: PVC (Policloreto de Vinila) é um material que possui grande importância devida ser muito versátil. E ele permite que com a adição de aditivos como plastificantes, lubrificantes, estabilizantes, pigmentos e corantes, cargas entre outros aditivos, seja possível ter infinitos materiais para diversas aplicações e propriedades.
- Categoria 4: PEBD ou PEBDL (Polietileno de baixa densidade e Polietileno de baixa densidade linear) é um material com baixas condutividades elétricas e térmicas, também é resistente ao ataque de produtos químicos, atóxico, flexível, leve e pode ser transparente quando feito em baixas espessuras.
- Categoria 5: PP (Polipropileno Homopolímero) é um material que resiste às altas temperaturas podendo ser esterilizado, apresenta boa resistência química e reagente à poucos solventes. Quando comparado ao PEAD é notável uma menor densidade, maior ponto de amolecimento, maior dureza superficial, maior rigidez, menor resistência ao impacto, maior sensibilidade à oxidação, melhor resistência ao stress cracking e maior fragilidade a baixas temperaturas.
- Categoria 6: PS (Poliestireno) é um material rígido, leve, transparente e brilhante, que possui baixas resistências mecânica (quebradiço), química, térmica e às intempéries.
- Categoria 7: Outros é uma categoria voltada para outros plásticos e polímeros que não são tão comuns e que também não apresentam um descarte com tanta frequência.

Os plásticos apresentam propriedades físicas, físico-químicas e químicas diferentes um do outro. Justamente por essas diferenças de características, os desempenhos também não são os mesmos e cada um tem sua função e utilização correta de forma que haja um aproveitamento dessas propriedades (VICENTE, 2009).

2.1.1 Propriedades físicas

As propriedades físicas são conhecidas por não envolver nenhum tipo de modificação na estrutura do material em um nível moléculas, e pode ser subdividida em propriedades: mecânicas, térmicas, elétricas e óticas.

A viscoelasticidade está totalmente ligada a propriedade mecânica do polímero, pois de acordo com pesquisas e experimentos a deformação mecânica está associada diretamente a resposta elástica ou viscosa do material, ou seja, um polímero elástico tem seu comportamento reversível, e tem-se o oposto quando se trata da característica viscosa. Ainda na análise mecânica é importante saber outras características que devem ser analisadas (MANRICH, 2005):

- Resistência à tração: analisa a carga aplicada no momento da ruptura, normalmente os polímeros tem uma baixa resistência a tração.
- Resistência à compressão: tensão máxima do material sob compressão longitudinal antes que ele venha a romper.
- Resistência à flexão: tensão máxima de um material rígido quando sujeito a um dobramento.
- Resistência à fadiga: é a resistência a flexão dinâmica, quando é feito dobramentos ou desdobramentos consecutivos no material.
- Resistência ao impacto: é a tenacidade ou a resistência de um material rígido à deformação quando aplicado uma alta velocidade.
- Resistência à fricção: consiste na resistência ao deslizamento, normalmente determinada pelo coeficiente de atrito, e também depende da superfície do material.
- Resistência à abrasão: os poliuretanos são mais resistentes neste quesito, onde consiste na capacidade que o material tem em resistir ao desgaste da fricção.
- Alongamento na ruptura: correlação entre temperatura, tempo ou frequência do material influenciam no aumento ou diminuição da medida.
- Módulo de Elasticidade: representa o quanto um material resiste sob a tensão e qual seu alongamento.
- Dureza: característica que mede a resistência ou a penetração ao risco, quanto mais plástico menor a dureza.
- Densidade: normalmente regiões mais cristalinas são mais compactas, já regiões amorfas são volumosas.
- Estabilidade dimensional: importante para aplicações técnicas, onde quanto mais o polímero for cristalino, sua estabilidade também será alta.

Para Vicente (2009), em relação as propriedades térmicas, é importante analisar sempre que o material ganhar ou perder calor, e algumas características devem ser ressaltadas,

como por exemplo: a capacidade de transferir ou conduzir calor (medida através da condutividade ou difusibilidade térmica); capacidade de armazenar calor (obter através do calor específico); e as alterações nas dimensões (estimadas através da expansão térmica).

Quando se trata de eletricidade, os polímeros são classificados como maus condutores, ou seja, funcionam mais como isolantes elétricos, o que faz ser um material muito bom para se trabalhar com temperaturas elevadas, já que a eletricidade está totalmente ligada a calor. A transparência e refração pertencem as propriedades óticas, e estão ligadas diretamente a estrutura molecular do polímero e também com a sua resistência a certas tensões de deformação (VICENTE, 2009).

2.1.2 Propriedades Químicas

De acordo com Manrich (2005), as propriedades químicas dos polímeros estão ligadas diretamente as suas aplicações na resistência à oxidação (encontrada somente em macromoléculas); à degradação térmica (quando polímeros são expostos ao calor e ao ar de forma simultânea); à radiação ultravioleta (polímero exposto à luz solar podendo sofrer alterações nas propriedades físicas: enrijecimento, fissuras e rachaduras); à água (o quanto material absorve de água pode aumentar suas dimensões de forma prejudicial); à ácidos (pode destruir o material se envolvido em meio aquoso); à bases (soluções alcalinas também podem ser prejudiciais aos polímeros); à inflamabilidade (materiais orgânicos expostos ao calor podem acabar se tornar inflamáveis).

2.1.3 Propriedades Físico-químicas

A permeabilidade à gases e vapores é a principal característica das propriedades físico-químicas dos polímeros, sendo capaz de medir quanto o material é permeável em unidade de tempo e área. Quanto mais cristalino o material, mais ele se torna impermeável à gases, o que é muito útil por exemplo, na borracha butílica (utilizada nas câmaras de ar em pneus) (VICENTE, 2009).

2.2 Plásticos: utilização

Segundo Piatti e Rodrigues (2005), estamos vivendo a “Era dos Plásticos”, com o avanço da tecnologia e a introdução de novos hábitos, o plástico foi se incorporando à rotina das pessoas. Esse material se popularizou e difundiu por diversos motivos, dentre eles: alta resistência, diversidade de cores, tamanhos e formatos, além do seu baixo custo de produção.

O plástico possui características especiais e está constantemente presente na vida de todos, sendo utilizado para a produção de utensílios domésticos, eletrodomésticos e as mais diversas embalagens:

Em 1909, um químico belga chamado Baekland descobre as resinas formol-fenólicas, cuja exploração desde 1920, com o nome de baquelite, inicia a chamada “Era dos Plásticos”. Daí em diante, a exploração dos plásticos só cresceu, visto que suas propriedades isolantes permitiam a utilização na indústria elétrica e em vários outros campos. A partir de 1940, especialmente durante a Segunda Guerra Mundial, a indústria dos plásticos cresceu na Europa com a fabricação em grande escala do PVC, que veio substituir a borracha natural (de difícil importação, na época) em algumas aplicações. Na Alemanha, esforços de cientistas foram realizados na preparação da borracha sintética. “ (PIATTI E RODRIGUES, 2005, p.46)

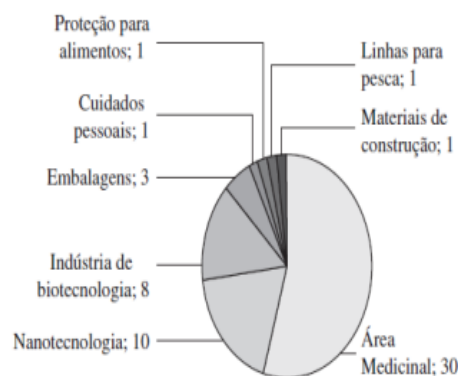
Devemos lembrar que, nem todo plástico é igual, e isso é algo de fácil percepção: basta observarmos os mais diversos tipos de artigos provenientes do plástico como lentes de óculos, sacolas, potes de margarina, brinquedos e até mesmo os antigos disquetes de computador, que já não são mais utilizados. Deve-se destacar que, materiais como a madeira e o metal vêm sendo substituídos pelo plástico. O automóvel é um grande exemplo disso, pois grande parte da matéria-prima de seus componentes foi substituída pelo plástico (PIATTI E RODRIGUES, 2005).

Citando o uso de resinas plásticas em prática: o politereftalato de etileno é a resina plástica utilizada em frascos, bandejas, fibras e garrafas; o polietileno de alta densidade é aplicado basicamente em potes, engradados, sacolas e tambores; para a produção de algumas mangueiras, conexões, partes de computador e tubos, temos o poli (cloreto de vinila); não podendo deixar de citar o poliestireno, usado para a produção de copos, brinquedos e revestimento interno de alguns eletrodomésticos. Como pode se notar, a utilização do plástico se faz extremamente presente no cotidiano das pessoas (VICENTE, 2009).

Este material teve sua utilização amplamente difundida por conta da questão econômica, uma vez que possibilita a confecção dos mais diferentes artigos e objetos de plástico com o custo reduzido, o que definitivamente traz maior acessibilidade à população. O plástico vem sendo utilizado também em âmbitos da medicina; um exemplo digno de ser citado é o polimetacrilato de metila (ou Plexiglas), o primeiro plástico implantado em humanos, por possuir propriedades que lhe garantem resistência a choques, estabilidade e substitui o vidro em algumas aplicações. Seu uso foi dado através de oftalmologistas, para a substituição do cristalino opacos dos olhos de pessoas que sofriam de um problema conhecido como catarata (PIATTI; RODRIGUES, 2005).

Mesmo este possuindo diversas vantagens econômicas, desempenhos mecânicos e térmicos, também devemos ressaltar que, por possuir tempo indeterminado de degradação, causa também alguns impactos negativos à natureza. E esses impactos são notáveis, justamente pelo fato de seu amplo e difundido uso. Algumas iniciativas técnicas/educativas começaram a ser instauradas, e não é de hoje; dentre elas, podemos citar coleta seletiva e reciclagem, e, não podendo deixar de citar que os aterros sanitários têm se localizado cada vez mais distantes dos centros urbanos, por justamente o plástico estar sendo um dos materiais mais utilizados atualmente. Deve-se ressaltar também que, por existirem diversos tipos de plástico, os usos também são diferentes. O plástico é passível de ser moldado e é polímero, e como exemplo, podemos citar os polímeros sintéticos, produzidos em laboratório. É assim que é obtida a maioria dos plásticos que usamos na atualidade (Figura 2):

Figura 2 - Distribuição de Patentes por área de aplicação do biopolímero



Fonte: Borschiver *et al.* (2008)

2.3 Plásticos: construção civil

De acordo com Júnior (2014), os plásticos PVC e Polietileno estão se revelando soluções inovadoras para a arquitetura e quanto às grandes edificações estão trazendo um desempenho mais elevado, maior estrutura e claro, um melhor saneamento. Estão se apresentando como plástico amplamente presentes na construção civil, e isso é perceptível nos canteiros de obras (Figura 3), e em vários elementos e aspectos de uma construção: revestimentos, pisos, telhas, forro de telhado, calhas, fachadas, janelas, sistemas de ventilação e hidráulica, pisos, caixa d'água, etc. Nesse parâmetro da construção civil, podemos destacar que o plástico é um dos materiais favoritos, pois é de extrema vantagem a sua utilização;

dentre elas podemos citar a grande capacidade de isolamento, tanto térmico quanto acústico, o que contribui para a economia de energia e reduz significativamente a poluição sonora; a anti-corrosão, uma vez que é utilizado como encaixe e vedações em tubulações e janelas, possuindo longa durabilidade e alta resistência, podendo registrar vida útil de 100 anos para tubos e 50 anos para cabos subterrâneos.

Figura 3 - Uso do plástico em canteiros de obras



Fonte: Anuário da Construção (2021)

O plástico possui imensa flexibilidade, devida ao seu baixo peso e versatilidade, o que lhe confere facilidade em operação, manutenção e instalação, e como exemplo podemos citar os tubos flexíveis capazes de acompanhar a topografia de um terreno. Se compararmos o plástico a outros materiais tradicionais veremos que ele dificilmente enferruja, e confere ganho de produtividade nas obras em que está presente, pelo simples fato de demandar uma menor manutenção no processo de operação. Em relação à sustentabilidade, segundo Júnior (2014), plástico vem oferecendo soluções cada vez mais sustentáveis para os canteiros de obras. São destinados para obras temporárias como alojamentos, o plástico fabricado a partir de material reciclado das próprias formas para lajes nervuradas. Pisos alveolares são criados para áreas externas que contém grama ou pedras, como por exemplo estacionamentos ou trilhas, e até mesmo ciclovias.

Na questão de impermeabilidade também pode-se observar grande vantagem quanto à utilização do plástico, pois evita a infiltração de estruturas ambientais, tais como as geomembranas, o que, conseqüentemente, protege o solo de contaminações. Nesse quesito,

contribuem também para a produção de tubulações, cisternas e encanamentos (Figura 4), o que automaticamente implica na facilidade de transporte e armazenamento de água. Sobre transporte, podemos destacar também que, por ser de notável leveza, é facilmente transportado, armazenado e manuseado, o que ajuda na diminuição de CO² emitido na atmosfera. Seu reuso e reciclagem evitam a extração de matérias-primas e a geração de resíduos (POLIUSP, 2019).

Figura 4 - Exemplos de plástico em encanamentos



Fonte: PoliUSP (2019)

Quando abordado o conceito de inovação, o plástico vem ganhando destaque nas últimas décadas, trazendo inspiração a arquitetos para projetar edifícios com formas, conceitos e dimensões inteligentes. Os edifícios, por si só, já se garantem mais sustentáveis e seguros, pois as propriedades do plástico vêm sendo constantemente aperfeiçoadas, contribuindo para maior eficiência energética e redução de custos em obras. Pode-se citar também que o ETFE (etileno tetrafluoroetileno), polímero favorito dos arquitetos nos últimos anos, foi desenvolvido em 1970 pela DuPont, como inicialmente sendo um filme leve e resistente ao calor, que seria usado para a indústria aeroespacial. Desde então, vem sido utilizado esporadicamente para projetos arquitetônicos e agrícolas. Coberturas de estufas e proteções solares também entraram na lista que adquiriram esse polímero em sua utilização.

Cita-se também o uso do ETFE para projetos como o Allianz Stadium (Figura 5), mencionando também pelas suas qualidades acústicas. Diferentemente do PVC, o ETFE é facilmente reciclável e de longa duração, mantendo-se em condições climáticas extremas (LYNCH, 2019).

Figura 5 – Allianz Stadium



Fonte: Lynch (2019)

Lynch (2019), ainda discorre sobre o poliestireno expandido, mais conhecido como EPS tem sua utilização na construção civil como sendo uma solução inteligente por ser de baixo custo, alta leveza, homegeinidade estrutural e resistente ao fogo e quebra; também confere isolamento térmico e acústico. Ele é aplicado em lajes, concreto leve e isolamento de paredes.

Segundo Lopes *et al.* (2013), atualmente, uma ênfase muito grande está sendo direcionada à preservação e conservação do ambiente para que consigamos garantir um ambiente sustentável, e, dentre os maiores prejuízos causados pelos resíduos plásticos. Embora a indústria de embalagens seja a maior responsável pela produção de resíduos relativos à polímeros, pode-se dizer que a construção civil vem ganhando espaço para a reutilização de materiais provenientes de outras indústrias que se encaixam no conceito de poliméricos. O PET reciclado ganha velocidade na fabricação de tubos, tintas, revestimentos e pisos.

O Cloreto de Polivinila ou Policloreto de Vinila (PVC) é conhecido por sua versatilidade e que, com a adição de plastificantes, estabilizantes, corantes, pigmentos, cargas, entre outros aditivos, faz com que seja possível a obtenção de propriedades diferentes para

inúmeras aplicações (Figura 6). Atua em eletrodutos, conexões, revestimentos de pisos, esquadrias, janelas, telhas, etc. A escolha por telhas de PVC se deve à uma leveza e facilidade de instalação, o que faz com que seja viabilizada sua aplicação em estruturas metálicas. E também é um dos polímeros que possui o uso amplamente difundido na construção civil, não gera grandes volumes de resíduo e é passível de reciclagem e seu uso é voltado em grande parte para a fabricação de tubos e conexões hidráulicas utilizadas em instalações prediais (CESTARI e FRANÇA, 2015).

Figura 6 - Policloreto de Vinila (PVC) na construção civil



Fonte: Begali (2012)

Ressaltando aqui a Poliamida, de acordo com Valera *et al.* (2000), pode-se dizer que ela é um dos plásticos de engenharia que comanda as demandas do mercado por possuir propriedades extremamente atraentes. Ela possui a denominação de plástico de engenharia por ser do grupo de polímeros possuintes de propriedades mecânicas que são superiores aos plásticos convencionais e que mantém estabilidade dimensional e muitas propriedades mecânicas acima de 100 °C. Portanto, 12% do consumo de polímeros é representado pelos setores automobilístico, elétrico, eletrônico e civil, e a maioria desses polímeros é constituída por plásticos de engenharia (Figura 7), e é nesse quesito que podemos citar a poliamida, a qual movimenta um substancial volume de negócios.

Figura 7 - Tubos em Poliamida utilizados na construção civil



Fonte: Polimeros na construção civil

Através da Vieira (2020), foram abordadas informações relacionadas à produção de concreto utilizando garrafas PET, e segundo outras pesquisas correlacionadas, o Brasil é o quarto colocado em questão de produção de lixo no mundo, ficando atrás apenas dos Estados Unidos, China e Índia, e um dos materiais que mais se destaca aqui é o PET. Perante à Figura 8, pode-se notar que esse alto nível de utilização do PET gera um significativo número de resíduos, os quais são amplamente descartados em aterros sanitários, ou de forma irregular em lixões, o que conseqüentemente contamina o meio ambiente, mesmo que, em contrapartida, o cenário atual mostre uma ampla preocupação com o meio ambiente.

Figura 8 - Descarte de plástico no meio ambiente



Fonte: Turra (2020)

Por isso, Vieira (2020) ainda ressalta que a preocupação com o descarte apropriado do PET, entre outros materiais, vem sendo pauta de discussões por todo o mundo, o que faz com que, a reciclagem do PET seja incentivada. Estudos vêm sendo realizados, e por isso, técnicas

de reciclagem vêm sendo utilizadas e apropriadas para a construção civil, para que haja “consumo” desse material.

De acordo com a Confederação Nacional da Indústria (CNI), no ano de 2019, o setor de construção civil, registrou um aumento de 1,9% nas suas atividades, gera empregos através de obras e reformas; e é no canteiro de obras que se utiliza matérias-primas extraídas do meio ambiente, como areia, cimento e outros, e nesse contexto, a criação e produção de alternativas mais sustentáveis se faz extremamente necessária. É nesse quesito que entra a alternativa do cimento produzido através do PET.

Para Campos e Paulon (2015) que possuem trabalhos sobre a possibilidade de substituição do agregado miúdo por resíduos, a partir desses princípios nota-se a presença de isoladores elétricos de porcelana moídos para a substituição de areia, e estes observaram que, quanto maior o teor de porcelana, maiores as resistências obtidas, e assim, aos 28 dias de idade, o concreto teve um aumento de 18% em sua resistência.

Correa e Santana (2014), também possuem trabalho em relação ao plástico PET, pode-se notar a presença de resultados bem distintos: um estudo sobre a substituição do agregado miúdo pelo plástico PET (5% vol.) em concreto leve, obtendo assim, resultados satisfatórios para a resistência do concreto reciclado. As amostras analisadas apresentaram uma média de 25 Mpa, sendo comparados ao concreto tradicional, o qual apresentou um resultado de 31,3 Mpa.

Nos estudos do Modro e Oliveira (2009) mostram que com o aumento do plástico, ocorreu uma redução da resistência a compressão, sendo utilizados “*flakes*” de PET, porém em diferentes concentrações: 10, 20, 30 e 40%. Tendo em vista esses pontos de vista, e em mente que a degradação do PET vem sendo feita de maneira imensamente irregular, causando imensuráveis danos e impactos ambientais, a substituição parcial do uso da areia (agregado miúdo) no preparo do concreto por resíduos plásticos, focando no PET, reduzindo, assim, seu descarte no ambiente.

Há influência do agregado miúdo tanto na porosidade, quanto na trabalhabilidade da massa, e isso é dado pelo fato de que, diferentemente da areia, o plástico não absorve a água, portanto, quando esse material for utilizado, a trabalhabilidade será maior, e temos um exemplo disso na Figura 9. Pode-se destacar também que, pelo fato do plástico ser resistente e moldável, o concreto obtido através desse material também será mais resistente (SANTOS, 2015).

Figura 9 - Substituição de areia por PET em blocos de concreto



Fonte: Santos (2015)

2.4. Plástico: Desvantagens

Segundo Crepaldi e Colonetti (2018), um dos biopolímeros naturais na lista de mais promissores, é o amido, mais especificamente o proveniente do milho, por conta de seu baixo custo e por estar sempre se mostrando amplamente disponível. Porém, é de extrema importância ressaltar uma importante desvantagem onde o fato de que os produtos feitos à base de amido se demonstram muito frágeis, propriedades mecânicas baixas e forte caráter hidrofílico, o que acaba por limitar suas aplicações.

Destaca-se também que, referindo à construção civil, é bem importante lembrar que, o plástico possui menor desempenho na função isolante térmico para altas temperaturas, é baixo em termos de condução de calor, e novamente, um tempo de degradação no ambiente extremamente longo. É importante destacar que, a decomposição dos plásticos em lixões a céu aberto no Brasil, é extremamente duvidosa, porque não se conhece a eficiência do material em questão, dadas as condições oferecidas por lixões. A degradação em questão é feita de forma anaeróbica, e isso faz com que haja liberação do gás metano, ao invés do CO₂, e este é um gás que contribui cerca de 20 vezes mais para o efeito estufa (ZAMORA *et al.*, 2020).

No Brasil para a produção do plástico, como mostra a Figura 10, se faz necessário o petróleo e todo o processo de refinamento, e, mesmo o plástico sendo oriundo de uma parcela mínima de óleo negro, para que sua extração seja efetivada, todo o processo envolvido

demanda de práticas que poluem excessivamente o ambiente. Além da poluição devido ao processo de produção, ocorre a poluição após o descarte de todas essas embalagens, acarretando não somente danos ambientais, mas também financeiros ao país:

“O Brasil, quarto maior produtor de lixo plástico do mundo tem uma perda de 5,7 bilhões de reais ao ano por não arcar com esse problema. O panorama da produção e consumo de plástico no país pode nos informar os passos que temos dado rumo a mais uma tragédia ambiental latino-americana.” (ZAMORA et al., 2020, p.18)

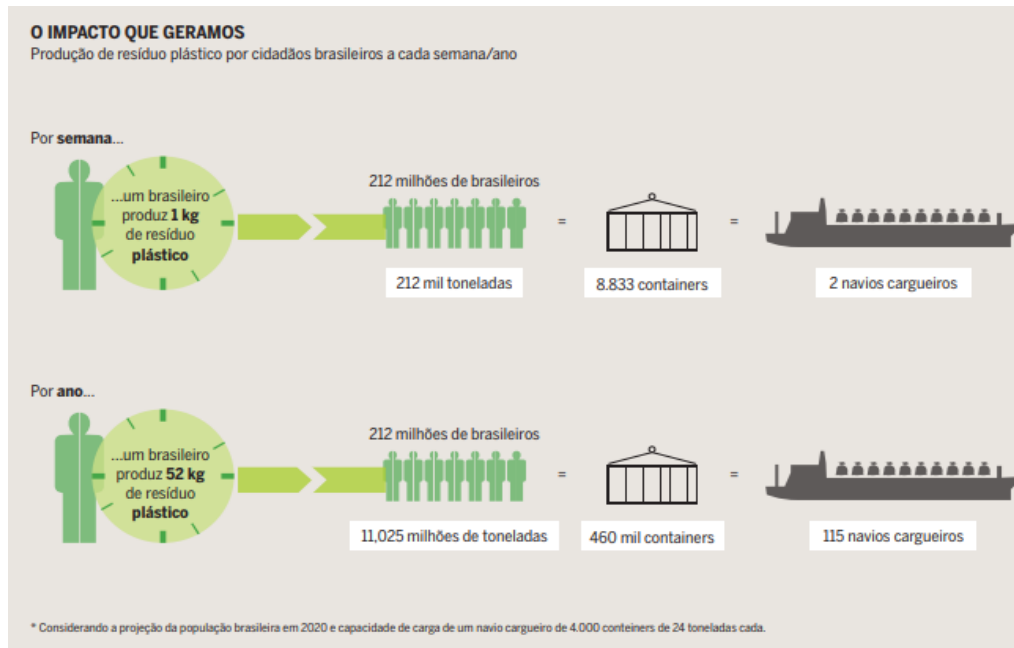
Figura 10 - Produção de plástico



Fonte: Calixto (2017)

Dando especial atenção à Figura 11 e aos fatos constatados por pesquisadores, sabe-se que estimam sobre o que acontece com o plástico após seu uso: o seu índice de reciclagem é extremamente baixo, pois 12% foram incinerados, 9% reciclados, e 79% foram acumulados em aterros sanitários, despejados no meio ambiente e/ou lixões (Calixto, 2017). Pode-se citar também que, alguns polímeros são impossíveis de serem reciclados de forma direta, por apenas não haver uma maneira de refundí-los ou depolimerizá-los, tendo assim, que optar por incinerar o material, o que acarreta em geração de gases tóxicos (UFSCAR, 2021).

Figura 11 – Produção de resíduo plástico no ambiente

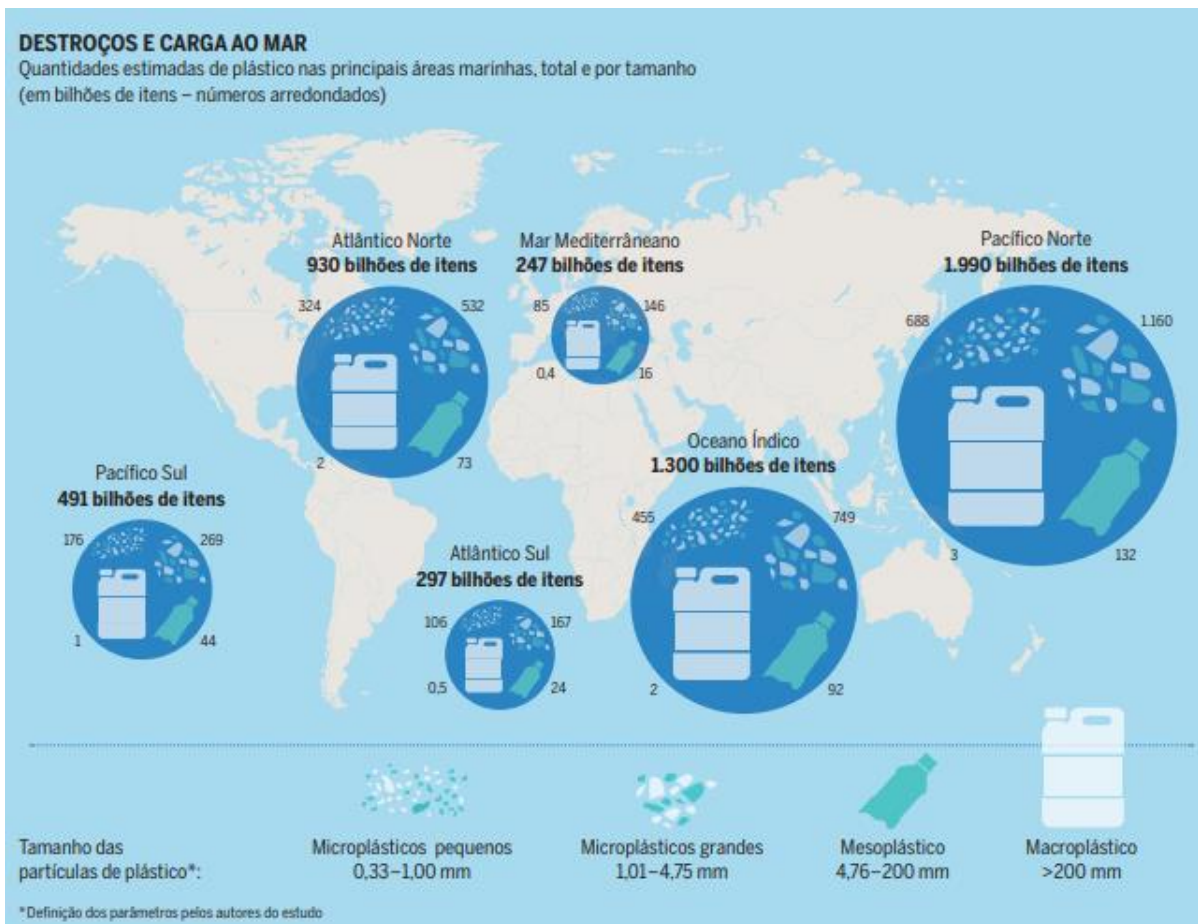


Fonte: Zamora *et al.* (2020)

Segundo o Valuing Plastic (2014), documento produzido pela ONU (Organização das Nações Unidas), os custos quanto aos prejuízos ambientais relacionados ao plástico ultrapassam US\$75 bilhões anuais, cujos 30% vêm das emissões dos gases do efeito estufa que são causados na fase de produção. A Grande Ilha de Lixo do Pacífico (nome dado para aglomerados de plástico visto de maneira comum por embarcações no Pacífico Norte, tem tamanho equivalente ao território dos Estados Unidos.

Esse plástico, além de atrapalhar as navegações, faz com que animais se confundam com alimento; como exemplos podemos citar uma baleia cachalote, a qual apareceu morta no sul da Espanha por ter engolido 17 quilos de plástico, totalizando 59 diferentes tipos deles, e isso pode ser visto na Figura 12. Destacando aqui que, as indústrias que mais causam danos ao ambiente pelo fato de utilizarem plástico, são as alimentícias (23% do total) e as de refrigerantes (12% do total) (ONU, 2014).

Figura 12 - Plástico no mar



Fonte: Zamora *et al.* (2020)

3. METODOLOGIA

Nesse capítulo foi abordado sobre a metodologia aplicada neste Trabalho de Conclusão de Curso, que foi a análise de Artigos Científicos em 3 diferentes aplicações do plástico na construção civil, onde: 1º PET como agregado no concreto; 2º PET como reforço no asfalto e; 3º PET no lugar do bloco de alvenaria. O objetivo da escolha do PET como assunto principal deste trabalho, é por ele ser um dos plásticos mais produzidos do mundo, devido ao seu custo de produção baixíssimo e a excelente relação entre as suas propriedades.

No primeiro tópico do Capítulo 4, busca-se avaliar o comportamento das peças produzidas com a substituição parcial do agregado miúdo do concreto por PET através do artigo desenvolvido por Junior *et al.* (2017), pois os agregados que compõem as peças podem ser naturais ou artificiais. Nesse caso, analisaremos os resultados da experiência prática realizada, com ensaios de caracterização, resistência, etc.

Já no segundo tópico dos estudos, percebe-se que resíduos sólidos são um problema ambiental, que tem mobilizado a sociedade na busca de soluções para o acúmulo, e uma segunda solução neste Trabalho de Conclusão de Curso para o reaproveitamento deste tipo de resíduo, seria a análise do estudo realizado por Serra *et al.* (2018), onde os agregados de plástico e borracha são incorporados na mistura asfáltica para investigar a estabilidade e resistência a compressão perante aos danos causados pela irradiação solar, com ensaios realizados antes e após irradiação com luz visível, e sim, após o emprego do PET, houve registro de maior estabilidade e resistência do asfalto.

No terceiro tópico, como uma terceira via para solucionar o problema em questão, aborda-se a ideia das garrafas PET incorporadas ao bloco de concreto desenvolvida por Galli *et al.* (2012) no 1º Seminário Nacional de Construção Sustentável do país. A boa resistência do PET fez com que o material fosse empregado na composição de blocos, e uma das maiores vantagens é que o bloco pré-moldado fica mais resistente com o monobloco em seu interior, e um dos maiores beneficiados nessas novas aplicações, é o meio ambiente, já que ele é um dos maiores focos atuais.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1 PET agregado ao concreto

O estudo base Sobre o PET como agregado ao concreto, Junior *et al.* (2017) comprova que a capacidade de carga de um concreto produzido com fibras PET (ecológico), é maior que a capacidade de carga de um concreto convencional, quando comparados em estudos anteriormente produzidos. Segundo estudos realizados, é possível observar que o concreto ecológico produzido, foi capaz de suportar tensões maiores que as aplicadas no concreto de referência, tensões estas tanto de compressão, quanto de tração:

Nesta pesquisa será utilizada a fibra do PET, que é hoje uma resina muito popular e com uma das maiores taxas de crescimento em aplicação como material de embalagem. (JUNIOR et al., 2017, p.48)

Um concreto não reforçado obtém, de forma comprovada, uma diminuição na capacidade de sua carga; concretos reforçados com fibras possuem maior resistência pós-fissuração, pois suas fibras “costuram” as fissuras; além de, é claro, também apresentar tenacidade considerável. Todos estes resultados (Figura 13), podem ser utilizados para prever valores de eficiência de compressão e tração, em vista dos parâmetros operacionais volume de fibras do PET e comprimento, o que pode gerar estímulo do uso de concreto ecológico por parte de empreiteiras e construtoras.

Figura 13 - Fibras PET agregadas ao concreto

Tabela 2 - Valores de resistência encontrados como resposta para os testes de compressão (C_n) e tração (T_n).

Ensaio	C_n (MPa)	CV	T_n (MPa)	CV
1	46 ± 1	2,95	4,1 ± 0,2	4,01
2	44 ± 2	3,55	3,7 ± 0,4	9,77
3	44 ± 1	1,4	4,0 ± 0,2	3,59
4	43,3 ± 0,2	0,46	3,9 ± 0,2	4,46
5	43 ± 1	2,24	3,8 ± 0,2	5,57
6	42 ± 1	1,79	3,9 ± 0,1	3,55
7	45,5 ± 0,4	0,94	4,1 ± 0,3	6,25
8	44 ± 1	1,83	3,9 ± 0,1	1,5
9	42 ± 5	10,9	3,9 ± 0,2	6,2
10	43 ± 2	5,26	4,0 ± 0,3	7,43
11	40 ± 1	3,17	3,5 ± 0,3	8,83

CV: coeficiente de variação entre as repetições de cada ensaio (%).

Fonte: Junior *et al.* (2017)

Os resultados produzidos foram estes, pois a inserção de fibras que são provenientes de garrafas PET em concreto, e isso melhorou as propriedades mecânicas do concreto ecológico (ensaios 1 ao 10) em relação ao convencional (ensaio 11), quando se trata de compressão e tração. Quando se trata do efeito sinérgico entre os fatores volumetria e comprimento de fibras se mostraram mais influentes na eficiência de compressão e tração do concreto. Todas as informações anteriores podem estimular o uso de concreto ecológico por empresas empreiteiras e construtoras.

Resumindo, os concretos que possuem fibras de PET são mais eficientes que os convencionais pelo simples fato de a transferência de carga se dar de forma contínua entre a fibra e a matriz. Também há uma maior capacidade em suportar tensões e compressões. De acordo com Gu e Ozbakkaloglu (2016), o aumento ou diminuição da resistência do concreto está ligado ao MEF (Módulo de Elasticidade da Fibra). Se fibras plásticas que possuem um baixo módulo de elasticidade forem utilizadas, isso resulta em uma redução mais significativa, e já o oposto também ocorre: fibras plásticas com um alto módulo de elasticidade, são resultantes em um concreto de maior resistência.

4.2 PET na mistura asfáltica

Nos estudos desenvolvidos por Serra *et al.* (2018), tem como resultado o PET na mistura asfáltica, e pode-se dizer que a reutilização de resíduos sólidos minimiza os impactos ambientais, e é capaz de reduzir a quantidade de matéria-prima utilizada, o que diminui os impactos ambientais e acaba por preservar os recursos ambientais. Pode-se assim, concluir que a adição de resíduos sólidos como agregados de garrafa PET 1%, a uma mistura asfáltica convencional: Concreto Betuminoso Usinado à Quente (CBUQ), indica possível potencial melhoria da pavimentação asfáltica.

Nesse experimento (Figura 14), todas as amostras foram expostas a mesma dose de luz e avaliadas quanto ao ensaio de compressão realizado com irradiação a nível visível. Dentre as amostras asfálticas, as que continham apenas 1% de PET, apresenta resultados 25% maiores, mostrando maior estabilidade. Então, pode-se dizer que asfaltos com suplemento de 1% de PET, possuíam mais resistência, o que aponta haver maior durabilidade na mistura quando submetida à luz visível do sol. Os estudos ainda apontam a necessidade mais ensaios para a comprovação da teoria:

Para a confirmação da hipótese desse estudo, ensaios adicionais devem ser realizados para a comprovação e melhor compreensão do comportamento do material. Dentre esses podemos citar ensaios para testar a deformação permanente e vida de fadiga, análise química e reológica do polietileno tereftalato. (SERRA et al., 2018, p.10)

Figura 14 – Triturador de lâmina e PET triturado



Fonte: Serra *et al.* (2018)

A adição do PET como agregado alternativo na pavimentação é no mínimo, promissora. O que faz com que ela seja uma excelente alternativa aos asfaltos modificados por polímeros, pois é uma opção de baixo custo, de fácil emprego nos locais que não possuem infraestrutura para modificação de ligantes, além de dar destino aos resíduos que vêm causando problemas no meio ambiente.

Vale ressaltar também alguns pontos que causam certa diferenciação em resultados com o uso de PET na mistura asfáltica, tais como a granulometria, pois quanto maiores os grãos de PET, se torna mais difícil de incorporá-los na mistura em questão. O tipo de compactação também influencia nos resultados, pois a compactação manual não garante nenhum tipo de uniformidade dos corpos de prova, então um compactador giratório seria de grande valia nesse caso.

4.3 PET como bloco de alvenaria

Sobre o PET como agregado ao bloco de alvenaria, pode-se mostrar que, baseando no estudo elaborado por Galli *et al.* (2012) para 1ª Seminário Nacional de Construção Sustentável, na composição de blocos de cimentos, compostos por 40% de ar, o qual é considerado um bom isolante, tanto térmico quanto acústico, foi elaborada uma técnica

simples e de baixo custo para acomodar uma garrafa PET (Figura 15), constituída em seu interior por água, dentro de uma estrutura de argamassa. Ao ocupar o lugar do cimento, as garrafas foram capazes de reduzir significativamente os custos na construção civil, e também, as quantidades de insumos utilizados. Um dos maiores focos nesse âmbito, é o meio ambiente, e isso tem sido consideravelmente crescente, e atualmente, muitas empresas investem em formação e quadros técnicos para minimizar e, se possível, eliminar a cultura do desperdício, e conseqüentemente, consolidar a cultura da reciclagem de resíduos.

Figura 15 – Disposição das garrafas em parede experimental



Fonte: Galli *et al.* (2012)

Sob o aspecto ambiental, de reutilização de garrafas PET, a parede experimental reutilizou 24 garrafas de 600ml, portanto, para a construção de uma residência que foi proposta no experimento, seriam reutilizadas aproximadamente 14.040 garrafas PET de 600ml. E tendo base nesses dados a conclusão do trabalho foi:

O projeto demonstrou que a compatibilização do baixo custo, minimização de impactos ambientais e aumento na qualidade de vida das pessoas, é possível: reduzindo cerca de 70% do custo na execução das paredes de uma residência, reduzindo o descarte de embalagens PET e resíduos de construção civil, minimizando a extração de recursos naturais para a produção de tijolos e blocos, criando a oportunidade de inclusão social pela construção da própria casa, criando a oportunidade de qualificação de mão-de-obra para a construção civil, possibilitando maior controle da saúde pública; enfim, melhorando a condição de vida. (GALLI et al., 2012, p.6)

Também devemos citar a oportunidade de inclusão social através da construção da própria casa, criando a oportunidade de qualificação de mão-de-obra e também possibilitando maior controle da saúde pública. Porém, é importante ressaltar que, para que seja implementada essa técnica em projetos sociais, é importante que se avalie os aspectos culturais de cada sociedade, pois a maior intenção seria o reaproveitamento das embalagens PET e os resíduos da construção civil, e pode ser que isso acabe estimulando a sociedade a

e elevar o consumo de produtos com esse tipo de embalagem ou aumentar propositalmente o descarte dos resíduos de construção (GALLI *et al.*, 2012).

5. CONCLUSÃO

Os objetivos deste Trabalho de Conclusão de Curso foram alcançados, levando em consideração os aspectos e referências bibliográficas analisadas. Ficou comprovado que é possível a reutilização do PET em pelo menos 3 vertentes da construção civil: agregado no concreto, agregado no asfalto e substituição do bloco convencional de alvenaria. Como os três estudos desenvolvidos nesta última década tiveram ensaios práticos realizados que comprovam sua teoria, é válido que haja incentivo para a comercialização desses materiais desenvolvidos, de forma com que fomente novas tecnologias e gere sustentabilidade na Construção Civil. A recomendação para os interessados e responsáveis pela área da Engenharia de Ciência dos Materiais, é que acompanhem os avanços tecnológicos e desenvolvam cada vez mais experimentos de forma que possam descobrir novas utilizações para o reaproveitamento do PET na construção civil e também em outras áreas relevantes. Visando aumentar incentivo em pesquisas e de enxergar novas possibilidades para a construção civil que ao mesmo tempo em que é indispensável, se torna um dos ramos com mais desperdícios e impactos ambientais.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Salomão Pereira. **Uso de politereftalato de etileno (PET) como agregado em peças de concreto para pavimento intertravado.** Campina Grande/ PB, outubro/2016.
- BEGALI, Gabriela Laiza. **Policloreto de vinila (PVC) na construção civil.** Campinas, 2012
- CESTARI, Sibebe; FRANÇA, Daniela. **Polímeros na construção civil.** Rio de Janeiro. 65p. 2015
- BLASS, Arno. **Processamento de Polímeros.** 2ª Ed. Florianópolis: Ed. UFSC. 1988.
- BORSCHIVER, S. *et al.* **Monitoramento tecnológico e mercadológico de biopolímeros.** Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol. 18, nº 3, p. 256-261, 2008.
- CALIXTO, Bruno. **Estudo estima quanto plástico já foi produzido no mundo.** Blog Época: 2017. Disponível em <<https://epoca.oglobo.globo.com/ciencia-e-meio-ambiente/blog-do-planeta/noticia/2017/07/estudo-estima-quanto-plastico-ja-foi-produzido-no-mundo-83-bilhoes-de-toneladas.html>> . Acesso em 09/08/2021.
- CAMPOS, M. A.; PAULON, V. A. **Utilização de agregados alternativos de isoladores elétricos de porcelana em concretos.** *Concreto y cemento. Investigación y desarrollo*, v.7, n.1, p. 30–43, 2015.
- CARVALHO, Willian; GOMES, Ricardo Adriano Martoni Pereira. **A aplicação de fibras de garrafa PET como agregado estrutural do concreto.** In: Revista Polímeros. 2015.
- COELHO, Lisley Madeira. **Agregados de garrafa PET tornam o asfalto mais resistente após radiação com luz visível.** Espírito Santo. Centro Universitário do Espírito Santo UNESC - Colatina, 2021
- CORREA, Priscila Marques; SANTANA, Ruth Marlene Campomanes. **Reciclagem de PET, visando a substituição do agregado miúdo no concreto leve. IX Simpósio Internacional de Qualidade de Ambiental, Energia e Ambiente.** Porto Alegre/RS, de 19 a 21 de maio de 2014.
- CREPALDI, Ingrid; COLONETTI, Emerson. **Produção e caracterização de filmes plásticos a base de amido de milho e álcool polivinílico, com diferentes plastificantes.** Criciúma, 2018.
- JORGE, Fernando Batista da Rocha. **Incorporação de fibra de garrafa PET em concreto como aditivo –** Porto Nacional/TO, 47p. – 2017.
- JUNIOR, André Luís de Oliveira *et al.* **A aplicação de fibras de garrafa PET como agregado estrutural do concreto.** Revista Científica Univiçosa - Volume 9- n. 1 - Viçosa- MG – jan/dez 2017.
- JUNIOR, Antônio Rodolfo. **Plástico em alta.** Revista Anuário da Construção - 2014

LOPES (et al.). **Polímeros na construção civil**. Simpósio de excelência em gestão e tecnologia, 2013. 16p.

MODRO, N.L.R.I.; OLIVEIRA, A.P.N. **Avaliação de concreto de cimento Portland contendo resíduos de PET**. Revista Matéria, v. 14, n. 1, pp. 725 – 736, 2009.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU): **Impacto ambiental dos plásticos é de pelo menos US\$ 75 bi ao ano**. São Paulo, Akatu: 2014. Disponível em <<https://akatu.org.br/onu-impacto-ambiental-dos-plasticos-e-de-pelo-menos-us-75-bi-ao-ano/>>. Acesso em 09/08/2021.

PIATTI, Tânia Maria e RODRIGUES, Reinaldo Augusto Ferreira. **Plásticos: características, usos, produção e impactos ambientais**. Maceió: EDUFAL, 2005. 51p.

SANTOS, Altair. **Garrafa PET melhora desempenho em tijolos**. Cimento Itambé:2016. Disponível em <www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/garrafa-pet-tijolos/> . Acesso em 01/08/2021.

SANTOS, Altair. **Garrafas PET substituem areia em blocos de concreto**. Cimento Itambé: 2015. Disponível em <<https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/garrafas-pet-em-bloco-de-concreto/>> Acesso em 20/09/2021

SERRA, Gleyciane Almeida *et al.* **Estudo da adição de resíduos de polietileno tereftalato (PET) como agregado alternativo para misturas asfálticas**. Gramado, 2018

TURRA, Alexander *et al.* **Lixo nos mares: do entendimento à solução**. [S. l.: s. n.], 2020. 113p.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP). **Plásticos na construção civil**. PoliUSP: São Paulo. 2019. 94p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS (UFSCAR). **Ciência dos materiais: POLÍMEROS**. São Carlos: 2021. Disponível em <<https://sites.google.com/site/cmtotalufscar/home>>. Acesso em 09/08/2021.

VALERA, T. S. (*et.al*). **Propriedades do compósito poliamida**. São Pedro: Departamento de Engenharia Química da Escola Politécnica da USP, 2000. 11p

VICENTE, José Aparecido. **Materiais Plásticos de Engenharia e suas Aplicações**. São Paulo: Faculdade de Tecnologia da Zona Leste (Centro Paula Souza), 2009. 47p.

VIEIRA, Talita Gabriele Martins. **Concreto Reciclado Utilizando Garrafas PET**. Conselheiro Lafaiete: Faculdade Presidente Antônio Carlos de Conselheiro Lafaiete, 2020. 38 p.

VILAR, W. D. **Química e tecnologia dos poliuretanos**. 3ª edição. Rio de Janeiro: Vilar Consultoria, 2002.

ZAMORA, Andrea Maltchik. Atlas do Plástico: Fatos e números sobre o mundo dos polímeros sintéticos. Rio de Janeiro: Heinrich Böll Stiftung. 2020. 64p.

