

## **Estudo Comparativo entre as Propriedades Mecânicas do Concreto Convencional e a do Concreto com a Adição de Polímeros Termoplásticos**

**JAIME AUZIER MARIALVA**

Estudante Bacharel em Engenharia Civil  
Laureate International Universities/UNINORTE (Brasil)

**GLAUBER DO VALE DE MEDEIROS**

Estudante Bacharel em Engenharia Civil  
Laureate International Universities/UNINORTE (Brasil)

**JOSÉ ROBERTO ABREU**

Engenheiro Civil  
Laureate International Universities/UNINORTE (Brazil)

**MURILO FERREIRA DOS SANTOS**

Engenheiro Civil (Brasil)

**DARLEI DOS ANJOS LAVOR**

Técnico em Laboratório  
Laureate International Universities/UNINORTE (Brasil)

### **Abstract:**

*The need for society today to find alternatives to recycle waste generated by industry is increasingly visible. Thus, several studies have been carried out in the field of recycling, especially in the field of civil engineering (MARTINS EVANGELISTA; EVANGELISTA; ARAÚJO, 2015). With this in mind, the objective of this research is to develop the traces of conventional concrete and the concrete of the addition of thermoplastic polymers to compare their mechanical strengths. The characterization of the materials pertinent to concretes meets all specifications of technical standards. In the scope of the research are a flow chart of the activities developed, as well as technical procedures to find the results. The results of rupture of the analyzed materials were successful in this research, even more the*

*counter tests after 7 days, completing 35 days of cure, inside the oven at 100°C.*

**Key words:** Concrete. Polymers. Characterization.

## 1. INTRODUÇÃO

A necessidade que a sociedade tem hoje de encontrar alternativas para reciclar resíduos gerados pela indústria está cada vez mais visível. Assim, diversos estudos vêm sendo realizados no ramo da reciclagem, principalmente no campo da engenharia civil (MARTINS EVANGELISTA; EVANGELISTA; ARAÚJO, 2015). Ainda sobre MARTINS EVANGELISTA; EVANGELISTA; ARAÚJO (2015). A engenharia civil vem sendo, ao longo do tempo, uma grande incentivadora no reaproveitamento de resíduos, apresentando soluções que minimizam a degradação ambiental e o custo final de seus.

Segundo HEINRICKS et al. (2000), o uso de materiais de construção civil à base de cimentos reforçados com fibras está aumentando rapidamente, com cerca de 1,3 bilhão de metros quadrados e 28 milhões de toneladas de produção anual estimada em todo o mundo, especialmente nos países desenvolvidos. De acordo com AGOPYAN (1991), a justificativa para isso está na possibilidade de produção de componentes esbeltos (leves), com bom desempenho mecânico, bom isolamento termo-acústico, além de indispensável viabilidade econômica.

As obras de engenharia civil, por utilizarem grandes quantidades de materiais com alto peso específico e baixo valor agregado, desenvolvem importante papel na utilização de diversos resíduos. Esta possibilidade tem motivado o desenvolvimento de tecnologias capazes de reutilizar materiais

alternativos em obras(MARTINS EVANGELISTA; EVANGELISTA; ARAÚJO, 2015).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 7211: Agregados para concreto – Especificações (2009), define as características exigíveis na recepção e produção de agregados, miúdos e graúdos, de origem natural, encontrados fragmentados ou resultantes da britagem de rochas.

Ainda sobre a norma ABNT NBR 7211, especifica:

Para os efeitos desta Norma, aplicam-se as definições das ABNT NBR NM 66 e ABNT NBR 9935, e as seguintes:

- a) Agregado miúdo: Agregado cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 150 µm, em ensaio realizado de acordo com a ABNT NBR NM 248, com peneiras definidas pela ABNT NBR NM ISO 3310-1.
- b) Agregado graúdo: Agregado cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 4,75 mm, em ensaio realizado de acordo com a ABNT NBR NM 248, com peneiras definidas pela ABNT NBR NM ISO 3310-1.

De acordo com a FITESA (Boletim Técnico - BT N° 3, 2002):

As fibras de polipropileno apresentam algumas propriedades, tais como: o uso no controle e redução de exsudação, controle da retração do concreto, redução da reflexão em concreto projetado e concreto resistente ao fogo. Os fatores que acarretam a exsudação no concreto são a vibração inadequada e o acabamento inadequado realizado durante o processo da concretagem das estruturas. Quando a exsudação se eleva, o concreto aumenta de volume, o recobrimento da armadura diminui acarretando a retração plástica gerando

tensões de tração internas no concreto ocorrendo assim às fissuras.

Vale ressaltar que o uso das fibras de polipropileno é recomendado para trabalhar as fissuras de retração e não para compensar no ganho de resistência à compressão da peça. Tendo que ter em vista também que sua dosagem só é beneficiada com concentrações de no máximo 1% de volume. (TANESI; FIGUEIREDO, 1999). O reforço do concreto com fibras de polipropileno, devido ao baixo módulo de elasticidade destas fibras, só atua com ganho significativo de desempenho, nas primeiras idades. Isto ocorre porque nesta situação o módulo de elasticidade do concreto também é baixo e as deformações estão associadas a um baixo nível de tensão, compatível com aquele absorvido pelas fibras de polipropileno (ARRUDA; VALIN JR, 2015).

Sobre NEVILLE (2013):

O concreto convencional, não armado, apesar de suas vantagens, tem comportamento frágil, baixa capacidade de deformação antes da ruptura e baixa resistência à tração. A forma de atenuar esses inconvenientes pode ser a introdução de fibras descontínuas para melhorar este comportamento. Essas fibras podem ser produzidas a partir de material natural (por exemplo, asbesto, sisal, celulose) ou são produtos industrializados como vidro, aço, carbono e polímeros (por exemplo, polipropileno, kevlar).

Ultimamente, o termo sustentabilidade vem sendo designado com maior frequência como sinônimo de reciclagem do lixo ou economia. E, fazendo uso dessa definição, juntamente com o aprofundamento de estudos e tecnologias, podem-se desenvolver materiais sustentáveis que satisfaçam os requisitos exigidos por normas, visando segurança, bom funcionamento e durabilidade (MENDONÇA; ALMEIDA; AZEVEDO; LIRA; TORRES; SILVA, 2015).

Ainda sobre MENDONÇA; ALMEIDA; AZEVEDO; LIRA; TORRES; SILVA (2015), afirmam que:

O PET é um poliéster, polímero termoplástico, utilizado para fabricação de embalagens e, principalmente, garrafas para bebidas carbonatadas. Derivado do petróleo, substância não renovável, as embalagens de politereftalato de etileno levam no mínimo cem anos para se decompor, podendo variar de acordo com as condições ambientais. Assim, no decorrer da sua vida, os recipientes provocam degradação ao meio ambiente, poluindo rios e oceanos, além de desequilíbrio nas cadeias interligadas. Entre suas características evidenciam-se baixa densidade, excelente estabilidade térmica, facilidade de processamento, baixo custo de produção, a facilidade de moldagem, além de proporcionar uma alta resistência mecânica e química, possui também uma excelente barreira para gases e odores.

Além disso, MENDONÇA; ALMEIDA; AZEVEDO; LIRA; TORRES; SILVA (2015), dizem:

Algumas das vantagens do PET em relação aos demais termoplásticos, que justificam sua grande e crescente utilização, são: excelente estabilidade térmica, facilidade de processamento, alta resistência química, alta estabilidade hidrolítica (devido à presença de anéis aromáticos), propriedades mecânicas atrativas a altas temperaturas, propriedades de barreira a gases, leveza, aparência nobre (brilho e transparência) e baixo custo de produção.

Conforme as inúmeras citações e insistência em relação à teoria de alguns, esta pesquisa desenvolveu um concreto com Politereftalato de Etileno (PET) e de acordo com as análises realizadas, aumentou-se o campo de pesquisa, do qual era apenas uma comparação entre o concreto convencional com o concreto com adição de PET e, de acordo com várias literaturas, ampliou-se o campo de pesquisa colocando o concreto com adição de PET, na estufa, por 28 dias. Os resultados encontrados foram surpreendentes.

## **1 OBJETIVO GERAL**

Desenvolver os traços de concreto convencional e a do concreto da adição dos polímeros termoplásticos para comparar as suas resistências mecânicas, como isso:

- a) Caracterizar os materiais que compõe o concreto convencional;
- b) Adicionar 25% dos polímeros termoplásticos na substituição do agregado miúdo;
- c) Determinar o FCK (resistência mecânica) dos concretos através das análises laboratoriais.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Polímeros Termoplásticos na Construção Civil.**

A palavra polímero origina-se do grego poli (muitos) e mero (unidade de repetição). Assim, um polímero é uma macromolécula composta por muitas (dezenas de milhares) de unidades de repetição denominadas meros, ligados por ligação covalente. A matéria-prima para a produção de um polímero é o monômero, isto é, uma molécula com uma (mono) unidade de repetição (CANEVAROLO, 2002).

Os polímeros podem ser naturais ou sintéticos. Dentre os vários polímeros naturais são derivados de plantas e animais e inclui madeira, borracha, algodão, couro, seda, podemos citar ainda a celulose (plantas), caseína (proteína do leite), látex natural. São exemplos de polímeros sintéticos o PVC, o nylon e o acrílico (CORREA, 2014). Os polímeros são classificados conforme as suas características podendo ser termoplásticos, termofixos e elastômeros.

Os polímeros termoplásticos são um dos tipos de plásticos mais encontrados no mercado. Podem ser fundidos diversas vezes e, alguns podem até dissolver-se em vários

solventes. Logo, sua reciclagem é possível, característica bastante desejável atualmente (CORREA, 2014).

A figura 1, abaixo, mostra os polímeros termoplásticos usados para esta pesquisa.

**Figura 1: Polímeros termoplásticos utilizados.**



Fonte: Autor, 2018.

As propriedades mecânicas dos polímeros são especificadas através de muitos dos mesmos parâmetros usados para os metais, isto é, o módulo de elasticidade, o limite de resistência à tração e as resistências ao impacto e à fadiga, sendo que para muitos polímeros, utiliza-se de gráficos tensão-deformação para a caracterização de alguns destes parâmetros mecânicos (HIPOLITO; LOPES, 2013).

Apesar do comportamento mecânico parecido, os polímeros podem ser, em alguns aspectos, mecanicamente diferentes dos metais, como por exemplo, em relação ao módulo de elasticidade, limite de resistência à tração e alongamento (CALLISTER, 2002).

### **3 METODOLOGIA**

As análises para a caracterização dos materiais pertinentes ao concreto, assim como os procedimentos de moldagem e cura do concreto, foram realizadas no laboratório de Materiais de

Construção da própria Instituição (Centro Universitário do Norte – UNINORTE).

## 4 RESULTADOS

Os métodos de ensaios atendem as especificações das normas técnicas da ABNT para a caracterização do material utilizado:

- ABNT NBR 9776: Agregados - Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman (1987);
- ABNT NBR NM 45: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios (2006);
- ABNT NBR NM 248: Agregados – Determinação da composição granulométrica (2003);

Abaixo, as figuras 3 e 4 mostram um dos procedimentos realizados.

**Figura 3: Determinação da massa unitária dos polímeros termoplásticos.**



Fonte: Autor, 2018.



**Figura 4: Peneiras organizadas e posicionadas no peneirador mecânico realizando o peneiramento do material para análise granulométrica.**



Fonte: Autor, 2018.

#### **4.1.1 Dosagem dos Concretos – Moldagem, Cura e Ruptura.**

Os procedimentos utilizados nesta etapa da pesquisa atendem as seguintes normas técnicas:

- ABNT NBR 5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova (2003);
- ABNT NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos (1994);

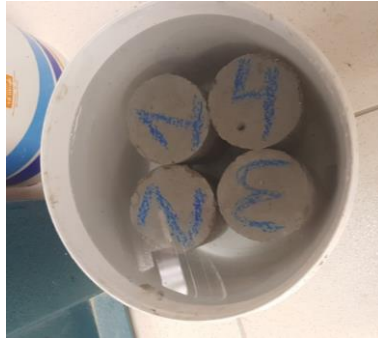
As figuras 5 e 6 mostram os procedimentos realizados para moldagem e cura dos corpos de prova de concreto.

**Figura 5: Corpos de prova moldados esperando o tempo de endurecimento (24h).**



Fonte: Autor, 2018.

**Figura 6: Cura dos corpos de prova de concreto, armazenamento com prazo máximo de 28 dias.**



Fonte: Autor, 2018.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Dosagem do Traço Convencional.

As quantidades de materiais, na tabela 1 e 2, são para as moldagens de seis corpos de provas cilíndricos.

**Tabela 1: Quantidade de materiais utilizados na dosagem do concreto convencional, em peso.**

Materiais	Quantidade (kg)
Cimento	3.680
Areia	6.160
Brita 0	7.840
Água	1.800

Fonte: Autor, 2018.

**Tabela 2: Quantidade de materiais utilizados na dosagem do concreto com adição de polímeros, em peso.**

Materiais	Quantidade (kg)
Cimento	3.680
Areia	5.544
Brita 0	7.840
Polímeros termoplásticos (25%)	616
Água	1800

Fonte: Autor, 2018.

## 5.2 Ruptura dos Corpos de Prova.

A ruptura dos corpos de prova cilíndricos foi realizada fora do laboratório da Instituição, em outro laboratório.

A tabela 3, abaixo, mostra os resultados encontrados dos corpos de prova cilíndricos aos 28 dias de cura.

**Tabela 3: Ruptura dos corpos de prova de concreto.**

	Data de ruptura	Carga (Kgf)	Tensão (Kgf/ cm <sup>2</sup> )	Tensão (Mpa)
	Ruptura aos 28 dias - Concreto Convencional			
01	08/10/18	12.240	248,2	24,8
02	08/10/18	13.110	265,8	26,6
	Ruptura aos 28 dias - Concreto com Adição de Polímeros			
01	08/10/18	19.680	399,0	39,9
02	08/10/18	19.980	405,1	40,5

Fonte: Autor, 2018.

Sobraram 2 corpos de prova de cada traço dosado para o contra prova caso algo viesse a dar errado. Após muitas pesquisas de literaturas variadas, obteve-se a ideia de deixar por mais 7 dias os corpos de prova cilíndricos de concreto com a adição dos polímeros termoplásticos dentro da estufa, a 100°C. Os resultados da ruptura desses corpos de prova encontram-se na tabela 4, abaixo.

**Tabela 4: Ruptura dos corpos de prova de concreto após 7 dias de cura dentro da estufa.**

	Data de ruptura	Carga (Kgf)	Tensão (Kgf/ cm <sup>2</sup> )	Tensão (Mpa)
	Ruptura aos 7 dias dentro da estufa a 100°C			
01	15/10/18	20.160	408,7	40,9
02	15/10/18	21.540	436,7	43,7

Fonte: Autor, 2018.

## 6 DISCUSSÃO

Conforme as análises realizadas, é correto afirmar:

- A caracterização dos materiais atendem todas as especificações das normas técnicas;

- As análises dos polímeros termoplásticos foram adaptadas para que estivessem caracterizados como agregado miúdo;
- A dosagem dos traços, convencional e do com adição de polímeros, atendem as especificações da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP).

## **7 CONCLUSÕES**

De acordo com todas as análises realizadas, conclui-se que:

- A caracterização dos materiais pertinentes aos concretos foi realizada com êxito;
- A dosagem dos traços, incluindo a moldagem, a cura e a ruptura, superaram as expectativas do FCK determinado;
- A ideia de colocar as contra provas por mais 7 dias na estufa foi essencial, pois a resistência à compressão foi surpreendente. Logo, notou-se que os corpos de prova ficaram mais leves e se, tivesse sido realizado a análise de tração e flexão, possivelmente iria surpreender mais ainda.

Diante de todos os fatos, pode-se afirmar que todas as análises foram concluídas com êxito.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. AGOPYAN, V. Materiais reforçados com fibras para a construção civil nos países em desenvolvimento: o uso das fibras vegetais. 1991. 204p. Tese (Livre-Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
2. ARRUDA, M. D. F.; VALIN JR, M. O. Estudo sobre o concreto com a utilização de diferentes teores de fibras de polipropilno.

- ANAIS DO 57º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO - CBC2015 – 57CBC. Bonito, MS. 2015.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro. 1994.
  4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro. 2003.
  5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211: Agregado para concreto – Especificação. Rio de Janeiro. 2009.
  6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9776: Agregados - Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman. Rio de Janeiro.1987.
  7. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9935: Agregados – Terminologia. Rio de Janeiro. 1987.
  8. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro. 2003.
  9. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 45: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro. 2006.
  10. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 66: Agregados – Constituintes mineralógicos dos agregados naturais – Terminologia. Rio de Janeiro. 1994.
  11. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM ISO 3310-1: Peneiras de ensaio - Requisitos técnicos e verificação - Parte I. Peneiras de ensaio com tela de tecido metálico. Rio de Janeiro. 2010.
  12. CALLISTER Jr., William D. Ciência e Engenharia dos Materiais – Uma Introdução. LTC –Livros Técnicos e Científicos S.A. Rio de Janeiro, 2002.
  13. CANEVAROLO Jr., Sebastião V. Ciência dos Polímeros – Um Texto Básico para Tecnólogos e Engenheiros. Artliber Editora. São Paulo, 2002.

14. CORREA, P. Polímeros – Ciência e Tecnologia de Materiais. 2014. Faculdade Sudoeste Paulista (FSP). Disponível em:<<https://engenhariacivilfsp.files.wordpress.com/2014/05/aula-polc3admeros.pdf>>. Acessado em junho de 2018.
15. FITESA. As Influencias das Fibras de Polipropileno na Exsudação do Concreto. Boletim Técnico nº 3, 2002. Disponível em: [www.fitesa.com.br](http://www.fitesa.com.br). Acessado em junho de 2018.
16. HEINRICKS, H.; BERKENKAMP, R.; LEMPFER, K. e FERCHLAND, H.J. “ Global review of technologies and markets for bending materials”, Proceedings of Inargenic – Bonded Wood and Fiber Composite Materials, 7, Sem Valley. Mascon: University of Idaho, 2000, SHS Report, 2000.
17. HIPOLITO, I. S.; HIPOLITO; R. S.; LOPES, G. A. Polímeros na construção civil. Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia (SEGET), 2013. Disponível em:<<https://www.aedb.br/wp-content/uploads/2015/05/5518429.pdf>>. Acessado em junho de 2018.
18. MARTINS EVANGELISTA, M.; EVANGELISTA, R.; ARAÚJO, J. Concreto com adição de resíduos de borracha. ANAIS DO 57º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO - CBC2015 – 57CBC. Bonito, MS. 2015.
19. MENDONÇA, A. M. G. D.; ALMEIDA, S. P.; AZEVEDO, L. M. M.; LIRA, Y. C.; TORRES, H. S.; SILVA, R. A. S. Análise da viabilidade de utilização do PET micronizado na fabricação de blocos intertravados para pavimentação. ANAIS DO 57º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO - CBC2015 – 57CBC. Bonito, MS. 2015. p.12.
20. NEVILLE, A. M. Tecnologia do Concreto. Tradução Ruy Alberto Cremonini. 2º Ed. J. J. Brooks. Porto Alegre, 2013.
21. TANESI, J.; FIGUEIREDO, A. D. Fissuração por retração em concretos reforçados com fibras de polipropileno (CRFP). Boletim Técnico. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999.