

ESTUDO DA INCORPORAÇÃO DE FIBRAS DE POLIPROPILENO PARA A PREVENÇÃO DA RETRAÇÃO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO OCASIONADAS POR AGENTES METEOROLÓGICOS DA CIDADE DE PALMAS – TO.

Nubia Gomes Barbosa¹, Danilo Soares Coelho², Flávio Roldão de Carvalho Lélis³
Moacyr Salles Neto⁴, Adriano dos Guimarães de Carvalho⁵

¹Graduanda em Engenharia Civil - IFTO. E-mail: <nubiagb@outlook.com>, ²Graduando em Engenharia Civil – IFTO. E-mail <daniocoelho28@gmail.com>;

³Professor do IFTO Campus Palmas da Coordenação de Engenharia Civil, tutor bolsista do grupo PET-Civil: e-mail: <flavioroldao@ifto.edu.br>; ⁴Professor do IFTO Campus Palmas da Coordenação de Engenharia Civil: e-mail: <moacyr@ifto.edu.br>; ⁵Professor do IFTO Campus Palmas da Coordenação de Engenharia Civil: e-mail: <agcarvalho@ifto.edu.br>.

Resumo: Este artigo trata sobre o aproveitamento de copos plásticos descartáveis para a fabricação de fibras como adição para as estruturas de concreto. Foram utilizadas fibras com dimensões variáveis cujo o intuito era desenvolver uma tecnologia simples de ser executada. A transformação dos copos em fibras foi realizada manualmente através de objetos cortantes. O estudo consiste em avaliar o desempenho das estruturas de concreto com adição dessas fibras submetidos às condições climáticas da cidade de Palmas-TO, devido apresentar elevadas temperaturas ao longo do ano. Os ensaios realizados foram o de tração na flexão e compressão axial, seguindo critérios estabelecidos na NBR 5739 – Concreto – Ensaio de compressão de corpos de provas cilíndricos e NBR 12142 - Concreto - Determinação da resistência à tração na flexão em corpos-de-prova prismáticos. Os resultados apresentados mostram que a produção das fibras a partir de copos descartáveis requer técnicas mais aprimoradas para a sua produção, necessitando de fibras com dimensões mais padronizadas para garantir melhor aderência entre os agregados.

Palavras-chave: concreto, copos descartáveis, fibras, resíduos sólidos, tração.

1 INTRODUÇÃO

O clima consiste num conjunto de informações referentes às condições atmosféricas de determinada região, que abrange diversas variáveis, tais como a temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento. Analisando sob uma visão sistêmica percebe-se então que ele exerce grande influência sobre o desenvolvimento de atividades de diversas áreas de atuação, como por exemplo, a construção civil. Diante dessa perspectiva procura-se entender os efeitos que tais condições podem ocasionar nos elementos estruturais de uma edificação.

Dentre os materiais da construção civil que são altamente suscetíveis a essas variações climáticas estão as estruturas de concreto, que podem desencadear no surgimento de patologias, como por exemplo a retração e o estado limite de fissuração. Para corrigir esses problemas são executadas técnicas de reforço estrutural, e dentre as mais utilizadas está a incorporação das fibras. Essas fibras são elementos normalmente utilizados com intuito de se promover a ancoragem nas estruturas de concreto. Além disso, são materiais que proporcionam bom desempenho mecânico, absorvendo esforços de tração e reduzido o surgimento de fissuras.

Apesar da grande variedade de fibras disponíveis no mercado buscam-se atualmente por tecnologias sustentáveis que não provoquem danos ao meio ambiente. Exemplo disso está o aproveitamento dos resíduos sólidos urbanos, estes que são materiais inertes provenientes de

atividades humanas. Esses materiais quando não enquadrados em planos de gestão de resíduos sólidos podem potencializar a proliferação de doenças, tornando-se uma preocupação à saúde pública.

As pesquisas a serem realizadas pelo grupo de pesquisa consistem na determinação dos efeitos resultantes da incorporação desses materiais adotando diferentes teores, e acredita-se que sua utilização pode proporcionar bom desempenho sob diferentes condições. Com isso, realizar estudos que possam comprovar e estimar a sua eficiência. O objetivo desta pesquisa é a determinação da influência da utilização das fibras produzidas a partir de copos plásticos descartáveis em estruturas de concreto, tendo como referência o estudo da sua confecção, fatores climáticos e da agressividade ambiental da cidade de Palmas – TO.

2 REFERENCIAL TEÓRICO/ESTADO DA ARTE

2.1 Resíduos Sólidos

Segundo a fundação nacional de saúde - FUNASA, os resíduos sólidos são definidos como resíduos que resultam das atividades humanas e são classificados conforme a sua origem e periculosidade. Esses resíduos podem potencializar a proliferação de micro-organismos propiciando o surgimento de doenças à população. Para o controle desses resíduos foi criada a lei nº 12.305/10 que trata sobre a política nacional de resíduos sólidos PNRS, na qual reúne princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes e metas para o gerenciamento adequado desses resíduos (FUNASA 2015).

Segundo informações divulgadas pelo ministério do meio ambiente, a política nacional de resíduos sólidos prevê:

A prevenção e a redução na geração de resíduos, tendo como proposta a prática de hábitos de consumo sustentável e um conjunto de instrumentos para propiciar o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos e a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos.

A grande preocupação em relação à geração de resíduos sólidos é o seu descarte inadequado e à ausência de gerenciamento desses resíduos. Com base em estudos realizados pela associação Brasileira de empresas de limpeza pública e resíduos especiais – ABRELPE, a região norte produz menores volumes de resíduos sólidos do país. A tabela e o gráfico a seguir mostram a geração e coleta de resíduos sólidos urbanos no estado do Tocantins.

Tabela 1 - Geração e coleta de RSU no estado do Tocantins

População Total		RSU Gerado (t/dia)		RSU Coletado			
				(Kg/hab/dia)		(t/dia)	
2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015
1.496.880	1.515.126	1.233	1.251	0,663	0,668	992	1.012

A partir dos dados mostrados acima nota-se que nos anos de 2014 e 2015 cerca de 83% dos resíduos sólidos gerados são coletados. Percebe-se que devido ao crescimento populacional de 1,76% em 2015 houve também aumento de 2% na geração de resíduos sólidos, sendo acompanhado, entretanto pela ampliação de 2% na coleta dos resíduos.

2.2 Concreto

Segundo BAUER (1994), o concreto é um material da construção civil obtido pela mistura de agregados graúdos, miúdos, aglomerante e água, podendo em certos casos conter adições minerais e aditivos. O aglomerante mais utilizado é o cimento Portland, no qual é um aglomerante hidráulico obtido pela moagem do clínquer (mistura de calcário e argila). Existem no mercado diversos tipos de cimentos e estes diferenciam-se conforme sua composição. Essa variedade de cimento existe devido às diferentes necessidades presentes na construção civil (Alves, 2006).

Os agregados são classificados como miúdos ou graúdos conforme o tamanho das partículas. Os agregados miúdos são partículas menores que 4,8 mm e maiores que 0,075mm, podendo ser de origem natural ou artificial. A sua classificação é obtida através do ensaio de granulometria. São processados por meio de dunas, cavas ou dragagem. Estes materiais influenciam na trabalhabilidade do concreto através da sua forma e textura dos grãos, apresentando resultados significativos na resistência à tração e ao desgaste. As propriedades são obtidas através dos ensaios de massa específica absoluta, massa unitária, e inchamento das partículas (Bauer, 2008). Já os agregados graúdos caracterizam-se por apresentar partículas maiores que 4,8 mm. Podem ser naturais (arredondado) ou artificial (angulosa), obtidos através do desmonte de rochas, extração ou britagem. Para a determinar a sua classificação, os ensaios realizados em laboratório são executados com o material no estado saturado superfície seca (Alves, 2006).

Outros produtos comumente adicionados ao concreto são os aditivos. Segundo AMBROZEWICZ (2008) os aditivos são produtos químicos incorporados ao concreto para melhorar suas propriedades. São exemplos de aditivos os plastificantes, retardadores e aceleradores de pega, incorporador de ar, impermeabilizantes e os expansores.

2.3 Adições minerais

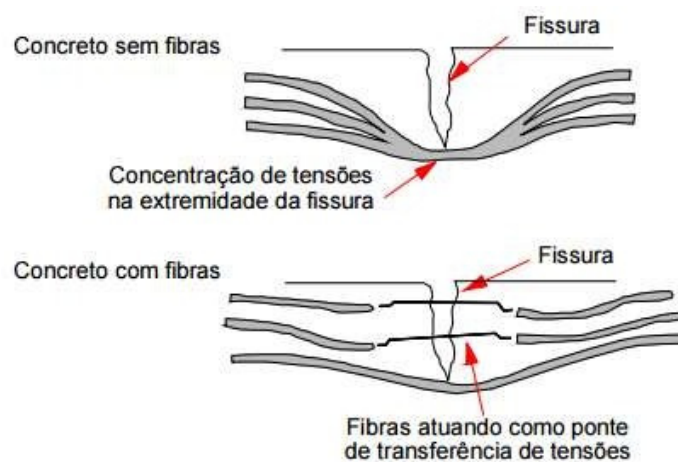
As adições minerais conforme Mehta e Monteiro (2008) podem ser definidas como materiais insolúveis finamente moídos, de fontes naturais ou alguns subprodutos industriais. As adições podem ser provenientes de origem natural obtida pela britagem e moagem e artificial através dos resíduos

industriais. Elas atuam modificando as propriedades do concreto e a escolha do tipo de adição dependerá

da propriedade a ser modificada. Os principais tipos de adições minerais são a escória de alto forno, cinzas volantes e sílica ativa.

O concreto apesar de apresentar propriedades satisfatórias, não demonstra bom desempenho em relação aos esforços de tração. Para conter esse problema são adicionadas fibras que além de melhorar essa variável proporciona também melhorias na retração, à fadiga e a erosão. (Herscovici, 2014). A figura 1 a seguir mostra o comportamento das fibras quando submetidas aos esforços de tração.

Figura 1 – Comportamento do concreto com adição de fibras.



Fonte: Herscovici (2014)

2.3.1 Fibras de polietileno

O polietileno é um termoplástico derivado do propeno totalmente reciclável, possui maior resistência à fratura por flexão ou fadiga, maior resistência química e a solventes, boa resistência térmica e transparência do que os materiais produzidos pelo poliestireno (Coutinho, 2003).

3 METODOLOGIA/MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Revisão Bibliográfica

A pesquisa iniciou-se a partir do estudo bibliográfico de temas relacionados aos aspectos climáticos da cidade de Palmas Tocantins, seguido pela análise das estruturas de concreto e os efeitos das adições de fibras. Esse estudo bibliográfico está detalhado nos tópicos a seguir.

- Revisão da literatura referente aos fatores relacionados aos agentes climáticos e comportamento do concreto, buscando-se artigos, teses e dissertações.

- Estudo sobre a durabilidade das estruturas de concreto armado segundo parâmetros estabelecidos na NBR 6118 (ABNT, 2014);

- Pesquisa de reconhecimento junto à base de dados do Instituto Nacional de Meteorologia e análise sobre as implicações dos fatores climáticos nas estruturas de concreto;
- Revisão da literatura referente à análise estatística (regressão linear multivariada);
- Levantamento dos fatores climáticos no âmbito nacional e redigida uma síntese dos dados obtidos junto ao INMET;
- Análise comparada dos dados climáticos das regiões-alvo e em seguida a produção de artigo referente aos dados climatológicos do município de Palmas, no Estado do Tocantins;
- Métodos de ensaios relacionados ao estudo da retração e da fissuração de estruturas de concreto armado;
- Análise do comportamento de fibras de poliestireno sulfonado.

3.2 Caracterização dos materiais

Para essa análise foram realizados ensaios de caracterização dos materiais conforme a NBR 7217/1987 - determinação da composição granulométrica e NBR 9776/87 Agregados – Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco de Chapman. Os materiais utilizados foram areia média peneirada, brita 0 e cimento Portland CP V.

3.3 Produção dos corpos de prova (concreto padrão e com adição de fibras)

Os copos descartáveis utilizados na pesquisa são compostos por polietileno e possuem um volume de 300 ml. Esses materiais foram reduzidos manualmente em fibras com o auxílio de uma tesoura cortando-os em dimensões variáveis, cujo o intuito é adotar uma tecnologia construtiva mais simples. Nesta fase foram analisados a resistência a compressão axial e a tração na flexão na idade de 7 dias com teores de 0% e 0,5% de fibras. As imagens 2 e 3 a seguir mostram os cps utilizados e o processo de confecção dos corpos de provas, respectivamente.

Figura 2 – Materiais utilizados na produção



Fonte: Autor (2018).

Figura 3 – processo de confecção dos corpos de provas.



Fonte: Autor (2018).

Após a confecção dos corpos de provas, os mesmos foram submetidos ao processo de cura para serem analisados conforme à idade programada.

3.4 Análise dos resultados dos ensaios

Os equipamentos utilizados para essa análise foram as prensas mecânicas para os ensaios de compressão axial e tração na flexão. Os corpos de provas submetidos ao ensaio tiveram fraturas na direção longitudinal conforme mostrado na figura abaixo.

Figura 4 – fissura do corpo de prova após o ensaio de compressão axial.



Fonte: Autor (2018).

Com base nos resultados obtidos através dos ensaios percebe-se que quanto maior o teor de fibras, maior será a quantidade de fissuras durante o processo de rompimento dos corpos de provas. Nota-se que esse aumento proporcionará também menor trabalhabilidade devido ao grande volume ocupado pelas fibras e sua má interação com a matriz de concreto, comprometendo desta forma a sua resistência final.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A etapa experimental iniciou-se através dos ensaios de caracterização dos materiais, cujo o objetivo foi obter parâmetros para definir o melhor traço para a confecção dos corpos de provas. Os ensaios de massa específica e granulometria foram realizados no laboratório de materiais/máquinas da universidade luterana do Brasil (ULBRA), seguindo os critérios estabelecidos nas NBRs pertinentes a cada ensaio. Os resultados do ensaio de granulometria, bem como a curva granulométrica é mostrado a seguir.

Tabela 4 – Ensaio de granulometria dos agregados

Cliente: Andre		Data: 08/05/2018													
Município: Palmas - TO		Material: Brita 9,5mm													
Procedência:		Engenheiro Responsável:													
Executor: EQUIPE															
PENEIRAS	1ª DETERMINAÇÃO			2ª DETERMINAÇÃO			MÉDIA % RETIDA		FAIXAS GRANULOMÉTRICAS-NBR 7211 AGR P/CONCRETO						
	Pol / Nº	(mm)	RETIDA (g)	Simplex	Acumul.	RETIDA (g)	Simplex	Acumul.	Simplex	Acumul.	GRADUAÇÃO				
											0	1	2	3	
2	50,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 0	0 - 0	0 - 0	0 - 5	
1 1/2	38,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 0	0 - 0	0 - 0	5 - 30	
1 1/4	32,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 0	0 - 0	0 - 5	75 - 100	
	25,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 0	0 - 0	5 - 25	87 - 100	
	19,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5	0 - 20	65 - 95	95 - 100	
	12,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 10	30 - 50	92 - 100	100 - 100	
	9,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10 - 30	80 - 95	95 - 100	100 - 100	
	6,30	185,00	18,56	18,56	185,00	18,56	18,56	18,56	18,56	18,56	40 - 80	92 - 100	100 - 100	100 - 100	
	4,80	626,90	62,69	81,25	626,90	62,69	81,25	62,69	62,69	81,25	85 - 100	100 - 100	100 - 100	100 - 100	
	2,40	158,70	15,87	97,12	158,70	15,87	97,12	15,87	15,87	97,12	95 - 100	100 - 100	100 - 100	100 - 100	
	1,20	9,20	0,92	98,04	9,20	0,92	98,04	0,92	0,92	98,04	100 - 100	100 - 100	100 - 100	100 - 100	
	0,60	4,20	0,42	98,46	4,20	0,42	98,46	0,42	0,42	98,46	100 - 100	100 - 100	100 - 100	100 - 100	
	0,30	3,81	0,38	98,84	3,81	0,38	98,84	0,38	0,38	98,84	100 - 100	100 - 100	100 - 100	100 - 100	
	0,15	2,10	0,21	99,05	2,10	0,21	99,05	0,21	0,21	99,05	100 - 100	100 - 100	100 - 100	100 - 100	
FUNDO		9,49	0,95	99,79	9,49	0,95	100,00	0,95	0,95	100,00	100 - 100	100 - 100	100 - 100	100 - 100	
TOTAL		1.000,00	100,00		1.000,00	100,00		100,00			FAIXA GRANULOMÉTRICA				
TOTAL DA AMOSTRA		1.000,00	100,00		1.000,00	100,00		100,00			DETERMINE GRADUAÇÃO:				
DIF. DA AMOSTRA		-	-		-	-		-			0				
MODULO DE FINURA				5,73			5,73		5,73		Brita				
DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA:		9,5													

Fonte: Autor, 2018.

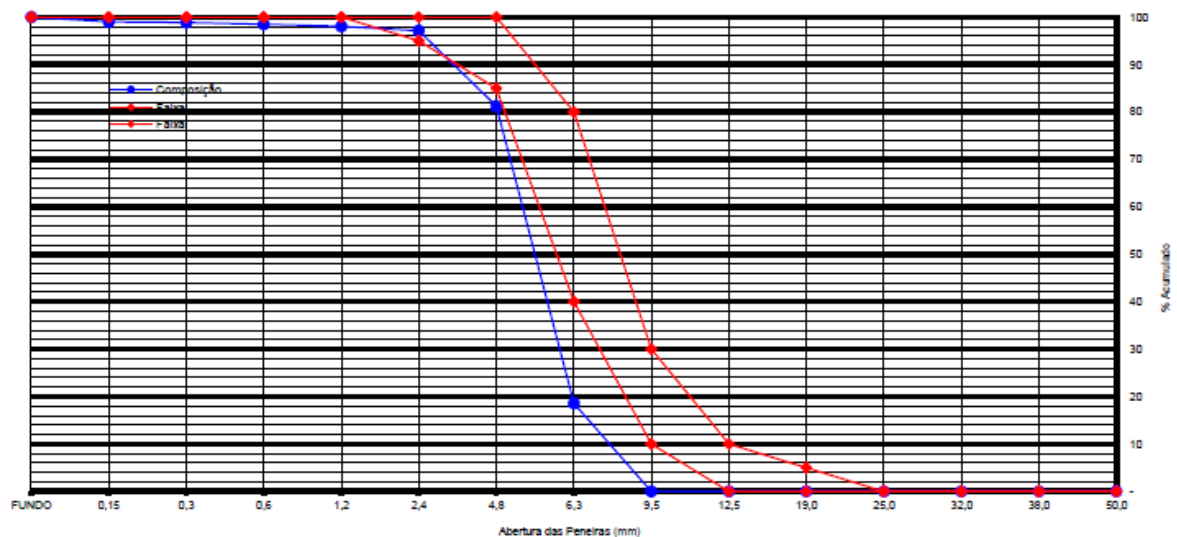


Figura 5 – Curva granulométrica dos agregados. Fonte: Autor, 2018.

O ensaio de massa específica dos agregados foi executado segundo determinações da NBR 9776/87 Agregados – Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco de Chapman. Os resultados são mostrados abaixo.

Tabela 5 – Ensaio de massa específica dos agregados

Picnômetro Nº	1	2
Massa Picnômetro + Agregado + Água (g)	2825,10	2827,80
Massa Picnômetro Cheio de Água (g)	2514,00	2514,00
Temperatura do ensaio (°C)	24	24
Massa Material Seco (g)	500,00	500,00
Massa Específica da Água, T°C de Ensaio (g/cm ³)	0,9981	0,9981
Massa Específica (g/cm ³)	2,65	2,69
Massa Específica Média (g/cm ³)	2,67	

Fonte: Autor, 2018.

A etapa experimental consistiu na produção de 22 corpos de provas com teores de 0% e 0,5% de fibras de corpos plásticos descartáveis. Os parâmetros analisados foram a resistência à compressão axial e tração na flexão para a idade de 7 dias de cura. Esses ensaios foram realizados no laboratório de ensaios especiais e máquinas no instituto federal de educação, ciência e tecnologia do Tocantins, IFTO campus palmas.

Os gráficos mostrados nas figuras 6 e 7 referem-se ao ensaio de compressão axial com corpos de provas sem adição de fibras e com adição de 0,5% de fibras, respectivamente. Foram rompidos três corpos de provas para 0% de fibras e dois corpos de provas para 0,5% de fibras.

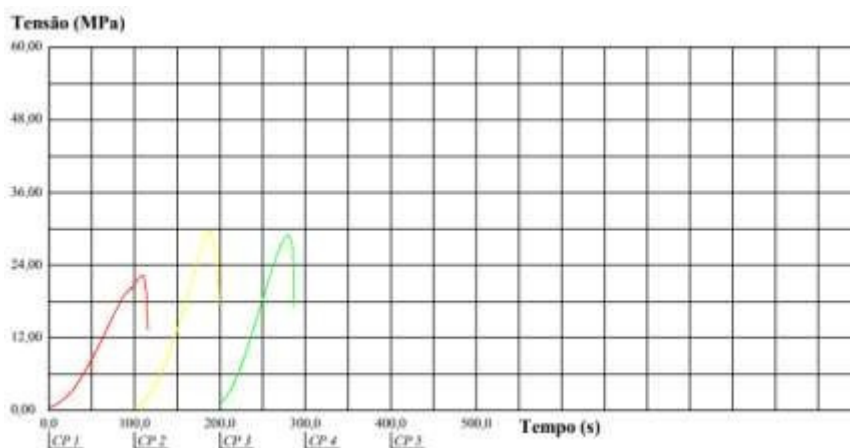


Figura 6 – Resistencia à compressão axial de corpos de provas sem adição de fibras. Fonte: Autor, 2018.

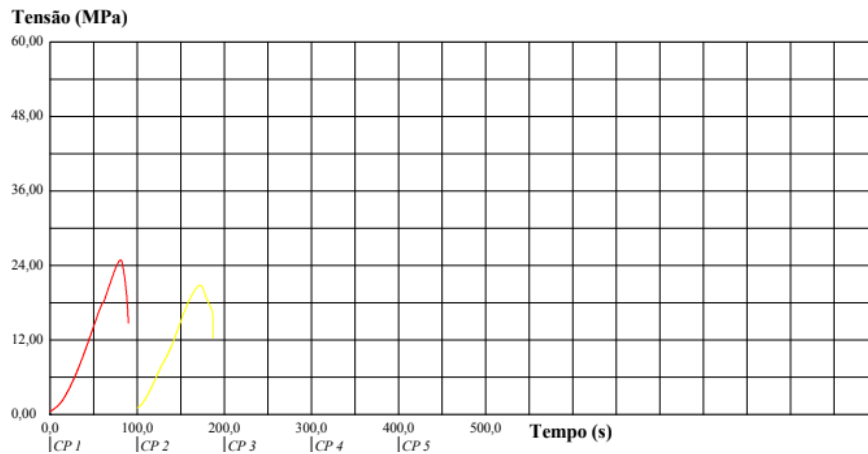


Figura 7 - Resistencia à compressão axial de corpos de provas com adição de fibras Fonte: Autor, 2018.

Nota-se que a adição de fibras apresentou um resultado insatisfatório no que se refere à resistência a compressão. Esse resultado demonstra que essa técnica requer cuidados especiais no que se refere ao tratamento das fibras. Acredita-se também que o processo produtivo tenha sido realizado de forma inadequada potencializando o resultado negativo do ensaio.

As figuras 8 e 9 mostram os resultados dos ensaios de resistência a tração na flexão de corpos de provas prismáticos. Foram rompidos três corpos de provas com 7 dias de cura para os teores de 0% e 0,5%. A gráfico a seguir mostra os resultados desses ensaios.

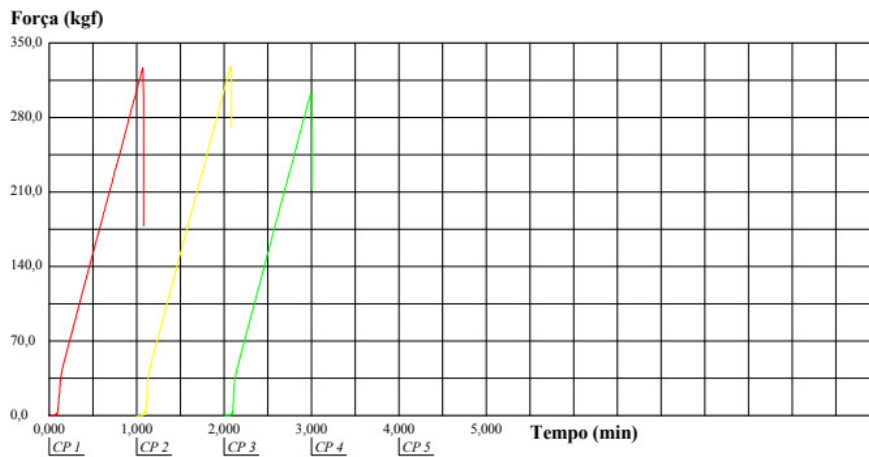


Figura 8 - Resistencia à tração na flexão de corpos de provas sem adição de fibras Fonte: Autor, 2018.

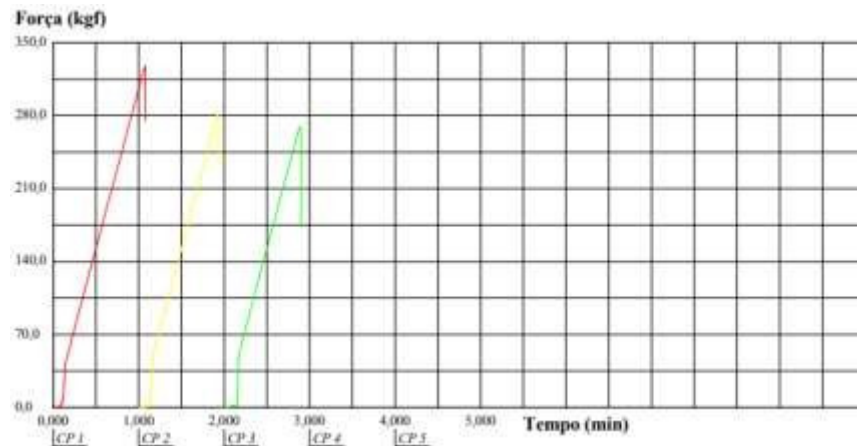


Figura 9 - Resistência à tração na flexão de corpos de provas com adição de fibras Fonte: Autor, 2018.

Os ensaios revelam que a resistência à tração na flexão foi reduzida com a inserção das fibras. Esse resultado mostra ainda que os métodos e parâmetros utilizados até o momento devem ser ajustados para obter resultados satisfatórios referentes à resistência mecânica do concreto com a adição desses materiais.

4 . CONCLUSÃO OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das análises obtidas através dos ensaios de resistência mecânica percebe-se que a adição de fibras produzidas a partir de copos plásticos descartáveis com dimensões variadas não contribui para a melhoria das propriedades do concreto, devido à má aderência adquirida entre as fibras e os agregados. Apesar disso, essas fibras mostram-se promissoras devido às suas propriedades, necessitando apenas de tratamento especial quanto ao processo de redução, através de técnicas que permitam a obtenção de fibras menores e mais padronizadas.

A pesquisa recomenda como trabalhos futuros a utilização de fibras com tamanhos padrões, reduzindo dessa forma imperfeições que possam comprometer a análise dos resultados.

5. REFERÊNCIAS

ALVES, José Dafico. **Materiais de construção**. Editora UFG- 8ª edição, Goiânia 2006.

AMBROZEWICZ, Paulo Henrique Laporte. **Materiais de construção**. Paraná, editora pini.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12142: 2010: **Projeto de estruturas de concreto: Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2014. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: **Execução de estruturas de concreto –Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.

BAUER, Luíz Alfredo Falcão. Materiais de construção. Volume 1, 5ª edição- 1994, LTC
FIGUEIREDO, Antônio Dominguez; NUNES, Nelson Lúcio. **Retração do concreto de cimento Portland**. São Paulo, 2007.

HONG, Hong, et al. **Análisis de la capacidad a flexion de una viga de sección compuesta com refuerzo longitudinal pet reciclado**. Sangolquí, 2016.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em:
<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesautomaticas> Acesso em: 07/11/2017.

JUNIOR, Josué coelho do Amaral; SILVA, Luíza Caroline Ferreira; MORAVIA, Weber Guadagnin. **Análise Experimental da adição de fibras poliméricas nas propriedades mecânicas do concreto**. Revista Matéria, edição 11780, 2017.

MEHTA, Kumar P., MONTEIRO, PAULO J.M. **Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais**. Editora Pini Ltda, 1ª Edição. São Paulo, 1994.

MINISTÉRIO DA SAÚDE, FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual de Saneamento**. 4ª edição, Brasília, 2015.

MOHD ZAIN, M. F.; YUSOF, K. M.; MATSUFUJI, Y. **The influence od médium temperature environments on the water permeability of high performance mortar**. Cement and Concrete Research, n. 29, p. 785-788, 1999.

OMENA, Thiago Henrique. **Argamassa modificada com poliestireno sulfonado a partir de copos plásticos descartados**. Uberlândia, 2012.