

**FACULDADE PATOS DE MINAS
ENGENHARIA CIVIL**

**ANDRÉ RODRIGUES PEREIRA
CAIO HENRIQUE MARQUES SOARES
IAGO CÉSAR ALVES SOUZA**

REAPROVEITAMENTO DE PONTAS DE ARAME BWG 18 EM CONCRETO

Patos de Minas

2020

**ANDRÉ RODRIGUES PEREIRA
CAIO HENRIQUE MARQUES SOARES
IAGO CÉSAR ALVES SOUZA**

REAPROVEITAMENTO DE PONTAS DE ARAME BWG 18 EM CONCRETO

Artigo apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil, pela Faculdade Patos de Minas.

Orientador: Prof. Wagner Márcio Bernardes.

Coorientador: Guilherme César Martins Moraes.

PATOS DE MINAS

2020

REAPROVEITAMENTO DE PONTAS DE ARAME BWG 18 EM CONCRETO

André Rodrigues Pereira¹
Caio Henrique Marques Soares²
Iago César Alves Souza³
Wagner Márcio Bernardes⁴
Guilherme César Martins de Morais⁵

RESUMO

Ao realizar as execuções de armaduras para concreto armado, uma quantidade significativa de pontas de arames é descartada por profissionais da área, pois em sua execução, necessita-se de uma quantidade extra do mesmo para evitar cortes e facilitar o manuseio. Este trabalho teve como objetivo estudar a possibilidade de reutilização deste restolho como adição dentro do concreto, substituindo as fibras industriais, como a macrofibra, microfibra e a fibra de aço, por pontas de arame bwg18. Foram realizadas pesquisas de campo, pesquisas em sites, artigos, normas e com profissionais da área, em busca de dados relacionados ao desperdício, contaminação, materiais, etc. determinando uma média deste desperdício, resumo quantitativo, além de testes realizados em laboratório seguindo todas as orientações regidas pelas normas. Posteriormente pôde ser feito a análise do comportamento de cada material quando submetido as cargas de compressão e tração por compressão diametral. A comparação entre as amostras, obtiveram resultados satisfatórios, pois o comportamento do arame foi muito próximo ao das fibras, abrindo caminho para melhores estudos para possível substituição.

Palavras chave: resíduos, concreto, arame, fibras, reaproveitamento.

1 Graduando em Engenharia Civil, Faculdade Patos de Minas - FPM. E-mail: andrerodrigues0125@gmail.com
2 Graduando em Engenharia Civil, FPM. E-mail: kaio Soaresms@gmail.com
3 Graduando em Engenharia Civil, FPM. E-mail: iagovzt@hotmail.com
4 Engenheiro Civil Especialista, docente da FPM. E-mail: engenharia.obras@hotmail.com
5 Engenheiro Civil Especialista, engenhariaguilhermemartins@gmail.com

ABSTRACT

When carrying out the reinforcement of reinforced concrete, a significant amount of wire ends is discarded by professionals in the area, because in its execution, an extra amount of it is needed to avoid cuts and facilitate handling. This work aimed to study the possibility of reusing this stubble as an addition to the concrete, replacing industrial fibers, such as macrofiber, microfiber and steel fiber, with bwg18 wire ends. Field surveys, site surveys, articles, standards and with professionals in the field were carried out in search of data related to waste, contamination, materials, etc. determining an average of this waste, quantitative summary, in addition to tests performed in the laboratory following all guidelines governed by the standards. Subsequently, it was possible to analyze the behavior of each material when subjected to compression and tensile loads by diametrical compression. The comparison between the samples obtained satisfactory results, since the behavior of the wire was very close to that of the fibers, paving the way for better studies for possible replacement.

Keywords: waste, concrete, wire, fibers, reuse.

INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos, a construção civil vem se aprimorando com inovações e tecnologias, que fornecem uma melhor eficiência e qualidade das obras. Com isso, surgiram diversas novidades em todos os setores, inclusive na execução de armaduras em aço para concreto, como presilhas, máquinas automáticas, etc.

Mesmo com toda a facilidade muitos engenheiros, construtores e colaboradores preferem trabalhar com métodos tradicionais como a armação manual (figura 1), utilizando torquês e arame bwg 18 para fixar os estribos nas barras longitudinais. Durante esse processo existem vários fatores que prejudicam o meio ambiente, proeminentes dessas atividades, como as sobras desses materiais.

Além do utilizado entorno das barras e estribos, um grande volume acaba sendo desperdiçado, pois, os armadores profissionais utilizam uma ponta de cerca de quatro centímetros, para a movimentação do arame durante esse processo, o que evita também, um grande desgaste das luvas ou pequenos acidentes por pontas afiadas durante o corte dos mesmos.

Figura 1– Armação Manual



De acordo com a ABNT NBR 15113/2004, os resíduos gerados na construção civil devem passar por uma triagem, onde são separados conforme a especificação de cada um. Os metais estudados neste artigo são classificados como classe b, e devem ser encaminhados à destinação adequada para os mesmos, seguindo todos os protocolos descritos nesta normativa.

Porém, como não há esse tipo de aterro em todas as cidades, grande parte de todo o entulho gerado é descartado diretamente no solo, assim como apresenta na figura 2, sem nenhum processo de separação ou preparação, como lixões, locais inapropriados, lotes vagos próximos as obras, e podem permanecer também no terreno dentro do canteiro.

Figura 2 - Arame descartado diretamente no solo



De acordo com Milhome, Holanda, de Araújo Neto, e do Nascimento (2018), esse descarte gera um forte impacto ambiental, causando uma grande poluição dos recursos hídricos e do solo em questão deixando traços de metais tóxicos os quais danificam o ecossistema e a saúde humana. Com o passar do tempo, o metal é descartado com outros materiais, entra em contato com substâncias químicas como ácidos e bases, que geram agentes químicos corrosivos como o óxido de ferro. Sendo assim o que ser feito com esses materiais?

Este trabalho buscou avaliar qualitativamente e quantitativamente uma maneira de reutilizar uma parte desse material, na produção do concreto com adição de fibras, substituindo fibras industriais por pontas do arame bwg 18, com o intuito de obter um produto de baixo custo, mas com resistência e qualidade, além de diminuir a poluição degradante atual.

Uma solução para o aproveitamento principalmente das pontas de arame, pode ser incorporá-las no concreto, da mesma forma que são incorporadas as fibras industriais, observando todos os fatores de resistência, compatibilidade com os projetos, trabalhabilidade, intemperes, etc.

As fibras industriais são fabricadas com materiais como polipropileno e aço inox, estão relativamente seguras contra oxidação, já em relação ao restolho de arame bwg18, o mesmo se destaca como vulnerável, quando não armazenado corretamente em local seco. Deve ser tratado da mesma forma que o aço quando adicionado ao concreto, seguindo todas as diretrizes expostas nas normas, observando atentiosamente o capeamento, retirada de vazios, exsudação, e todas as enfermidades causadoras de corrosão.

REFERENCIAL TEÓRICO

De acordo com Neville e Brooks (2013), o concreto possui alta resistência a compressão, definida de acordo com o seu Feature Compression know (FCK), que significa resistência característica do concreto a compressão, o que o torna o componente perfeito para junção com o aço, o qual possui uma enorme resistência a tração, definida pelo seu Feature Yield Stress know (FYK) que significa resistência característica ao escoamento, formando assim o concreto armado.

Como o concreto é formado por agregados graúdos(pedras) e miúdos(areias), aglomerante(cimento) e água, seus componentes são de fácil aquisição em muitos países, o que o torna viável economicamente. Ele pode ser moldado em vários formatos, pois seu estado inicial é um líquido pastoso, como demonstrado na figura 3, porém, após sua secagem completa e cura correta suporta altas cargas de compressão.

Figura 3 - Concreto fresco betoneira



Além do concreto simples existem também outros tipos, e um deles contém adição de fibras (Figura 4). Essas fibras podem ser diferenciadas de acordo com sua finalidade, suas dimensões e sua matéria prima. Podem ser definidas como microfibras, distribuição no concreto formando uma “armadura” tridimensional, que combate o aparecimento de fissuras, além de algumas delas substituírem a malha estrutural colocada em pisos e lajes.

Figura 4 - Concreto com adição de Macrofibra



As microfibras demonstradas na Figura 5, são compostas por filamentos extremamente finos, produzidos através de um processo de extrusão. Essas fibras de tecido podem ser naturais (como algodão, seda, lã, etc.) ou químicas (como acrílico, nylon, elastano, etc.). Seu uso é indicado em concretos e argamassas, já que reduzem o índice de fissuras provocadas pela retração e assentamento. Isto se deve a sua capacidade de retenção de água em seu interior. Ainda, propiciam um controle sobre os fenômenos de exsudação e segregação. As microfibras também melhoram o desempenho do concreto curado, aumentando sua resistência no que se refere ao: desgaste, impacto e fogo. Costuma-se usa-la em pisos, elementos pré-moldados e pavimentos (NTCBRASIL, 2020).

Figura 5 - Microfibra



Fonte: Ntcbrasil (2020)

As macrofibras (Figura 6) são feitas com matéria prima sintética estrutural de polipropileno, que permite criar um sistema de reforço, que substitui a tela metálica na grande maioria dos projetos de piso, com economia e praticidade (Akron Indústria e Comércio de Materiais de Construção Ltda, 2020). É indicada para concretagem de pavimentos, lajes, concretos projetados, peças pré-moldadas e estruturas que necessitam de reforço. Sua função é controlar trincas e fissuras que são decorrentes do efeito de retração e fatores agressivos. Algumas de suas vantagens são que elas inibem o aparecimento de fissuras, são antioxidantes, não absorvem água, e contam com uma redução de custo de até 50%, em comparação com as telas industriais. Possuem uma resistência a tração entre 590 e 650 Mega Pascal (MPa), e densidades equivalente a 0,9 gramas por centímetro cúbico (g/cm^3).

Figura 6 - Macrofibra



Fonte: Akron (2020)

As fibras de aço (Figura 7), segundo as especificações técnicas fornecidas pelos fornecedores, são feitas de pequenos segmentos de arame que são misturados ao concreto em dosagens pré-calculadas, proporcionando ao material um ganho estrutural (ARCELORMITTAL, 2020). Podem substituir a armadura tradicional em pisos industriais, peças pré-fabricadas, radiers, capas de compressão e revestimento

de túneis. Oferecem também controle de fissuração, maior resistência ao impacto e à fadiga, alta durabilidade e aumenta a capacidade de deformação do concreto. Normalmente aplicada em pisos, pavimentos, Concreto Projetado, pré-fabricados e possuem uma resistência a tração superior a 1.000 newtons por milímetro quadrado (N/mm²) e densidade de 0,9 kg/m³.

Figura 7 - Fibra de Aço



Fonte: Arcelormittal (2020)

O arame bwg18 (Figura 8), fabricado pela empresa Gerdau (2020) pode suportar cargas de tração de até 40 quilograma força por milímetro quadrado (kgf/mm²) por fio, com diâmetro de 1,25 mm, e massa nominal 0,01 quilograma por metro (kg/m). Sua fabricação se inicia de uma laminação a quente de um vergalhão ou tarugo. Em seguida passa por um processo de decapagem, eliminando as impurezas e segue para trefilação, onde são determinados os diâmetros de todos os arames produzidos pela Siderúrgica. Posteriormente, ocorre o recozimento para maior maleabilidade. Seu destino final são construções civis, empresas de armações, entre outros. Seu preço médio, atualmente gira em torno de R\$18,45 cada quilograma, sendo entregue em rolos de 1 a 8 quilograma (KG).

Figura 8 - Arame Bwg 18 Torcido



Fonte: Gerdau (2020)

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a aplicação deste estudo, alguns fatores foram analisados, como o fator de resistência do material, que pode ser adquirido com cada fabricante. A compatibilidade das fibras de arame com os projetos, pode variar de acordo com o engenheiro responsável, o qual manterá a observância sobre o tipo de empreendimento, a dimensão da obra a ser executada, locais com alto índice de patologias ao aço, e todos os fatores existentes de suma importância para a estrutura projetada.

Foi realizada uma pesquisa em um município do Alto Paranaíba, na qual, foi realizada a comparação da quantidade de pontas de arame que sobram ou se perdem, na amarração de ferragens, indicando um parâmetro de análise dessas perdas, pela quantidade de quilograma de toda a ferragem armada da estrutura. Com este comparativo, foi realizada uma análise em um Edifício de 4 andares, com 693 metros quadrados, que continha, em projeto, um total de 11.998 kg de aço para ser utilizado em sua estrutura. Para uma maior precisão, foi feita a subtração de 10% desse valor, que equivale à perda relacionada as sobras dos vergalhões, analisando, portanto, a quantidade de aço efetiva da estrutura. Como existe uma diversidade de bitolas, esse desperdício pode variar de acordo com cada uma, e também de armador para armador. Foi utilizado uma média entre quatro profissionais confeccionando

armaduras com diâmetros variados entre 8 milímetros (mm) e 12.5mm nas barras longitudinais.

Sobre uma área plana, concretada e limpa, foi executada a armação com um peso total de 600 quilogramas. Logo em seguida foi coletado todo o arame caído ao solo, o qual foi pesado sem nenhum tipo de impurezas.

Desse modo, foram realizados testes de compressão e tração, dentro de um laboratório fornecido por uma usina de concreto, localizada na cidade de Patos de Minas, comparando o comportamento do arame bwg18 em relação a cada uma das fibras industriais citadas.

Foi elaborado um traço de concreto com valores fixos para os agregados, aditivos e aglomerante, tendo alternância apenas em suas adições. Para os agregados graúdos, utilizou-se uma porcentagem de 70% de brita 1, com diâmetro máximo característico de 19 mm, e 30% de brita 0, com diâmetro máximo característico de 12,5 mm. As dosagens das areias foram especificadas em 60% de areia industrial, e 40% de areia natural fina, ambas com modulo de finura usual, já o cimento utilizado foi o CP II E 40 e o aditivo polifuncional usado, foi dosado com uma porcentagem de 0,6501% relacionada a quantidade de cimento. O FCK requerente foi de 30 Mega Pascal (MPa) e o SLUMP TEST requisitado foi de 140 milímetros.

Como a massa específica do polipropileno tem uma grande diferença em relação ao aço, foram executados cálculos para obter uma quantidade correta a ser dosada, mantendo um volume idêntico entre o arame bwg18 e a Macrofibra. Para calcular esse volume, foram feitas buscas sobre os valores da massa específica de ambos, cujo resultado, foi de 970 quilogramas por metro cúbico (kg/m^3) para a macrofibra, segundo a empresa fornecedora do material, e como não encontramos a massa específica do arame, foi calculado usando a massa nominal, que segundo as especificações técnicas fornecidas pela Gerdau (2020) é de 0,01 quilogramas por metro (kg/m).

Para saber quantos gramas de arame ocupam esse mesmo volume, usou-se seu diâmetro 0,00125 metros (m) e sua massa nominal.

$$\text{Área do arame} = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,00125^2}{4} = 1,2272 \times 10^{-6} \text{m}^2$$

$$\text{Massa específica} = \frac{\text{massa nominal} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}} \right)}{\text{área} \left(\text{m}^2 \right)} = \frac{0,01}{1,2272 \times 10^{-6}} = 8.148,733 \text{ kg/m}^3$$

Utilizamos a mesma dosagem de fibra usada pela usina de concreto para dar início aos comparativos (40 gramas – 0,04 kg).

$$\text{Volume} = \frac{970}{0,04} = \frac{1\text{m}^3}{x} = 4,1237 \times 10^{-5} \text{m}^3$$

ou seja, há um volume de $4,1237 \times 10^{-5} \text{m}^3$, de fibra em um metro cúbico de concreto.

Então para preencher esse mesmo volume com arame utiliza-se:

$$\text{vol. do arame} = \frac{\text{m. e. arame}}{x} \times \frac{1\text{m}^3}{\text{vol. fibra}} = \frac{8148,73\text{m}^3}{x} \times \frac{1\text{m}^3}{4,1237 \times 10^{-5} \text{m}^3} =$$

$$\text{volume do arame} = 0,336 \text{ m}^3$$

Nos comparativos entre a fibra de aço e o arame bwg18 foi mantida a mesma quantidade de gramas de adição para ambos, respeitando uma dosagem de 25 kg de fibra para cada metro cúbico de concreto.

Já na relação entre a microfibras e a fibra de arame foi mantido, para a microfibras a mesma dosagem indicada pelo fabricante, porém não foi utilizada essa mesma dosagem para a fibra de arame, pois a quantidade de arame foi considerada insignificante quando relacionada ao peso.

As dosagens foram efetuadas em gramas fornecendo material suficiente para 5 corpos de prova, com dimensões de 100x200 mm, como demonstra a tabela 1, levando em consideração **C** para amostras elaboradas para **COMPRESSÃO** e **T** para **TRAÇÃO**.

Tabela 1 - Dosagem dos traços em gramas

DOSAGEM DOS TRAÇOS REALIZADOS									
		GR.	BRITA 0	BRITA 1	AREIA IND.	AREIA FINA	CIMENTO	ADITIVO	ÁGUA
Macrofibra	C	040	2599	6063	5641	3761	3570	23,21	1836
Macrofibra	T	040	2599	6063	5641	3761	3570	23,21	1836
Microfibra	C	009	2599	6063	5641	3761	3570	23,21	1836
Microfibra	T	009	2599	6063	5641	3761	3570	23,21	1836
Fibra de aço	C	250	2599	6063	5641	3761	3570	23,21	1836
Fibra de aço	T	250	2599	6063	5641	3761	3570	23,21	1836
Arame bwg18	C	040	2599	6063	5641	3761	3570	23,21	1836
Arame bwg18	T	040	2599	6063	5641	3761	3570	23,21	1836
Arame bwg18	C	336	2599	6063	5641	3761	3570	23,21	1836

Arame bwg18	T	336	2599	6063	5641	3761	3570	23,21	1836
Arame bwg18	C	250	2599	6063	5641	3761	3570	23,21	1836
Arame bwg18	T	250	2599	6063	5641	3761	3570	23,21	1836
Simples	C	-	2599	6063	5641	3761	3570	23,21	1836
Simples	T	-	2599	6063	5641	3761	3570	23,21	1836

Em seguida, cada traço foi inserido em uma betoneira pequena com 120 litros, onde foram batidos por cerca de 5 minutos. Após a mistura homogênea de todos os materiais, foi executado o teste de abatimento de acordo com a NBR NM 67/1998. Para o slump test apresentado na figura 9, foi retirado o concreto da betoneira com uma concha em formato de U e inserido dentro do cone de ensaio, parcialmente dividido em 3 camadas, contendo 25 golpes verticais executados por uma haste de metal em cada camada. Em seguida, foi retirado o cone em velocidade constante, colocando-o ao lado, com a haste de compactação em cima, para realizar as medições do abatimento.

Figura 9 - Slump test



De acordo com a NBR 5738/2015 que prescreve o procedimento de moldagens e cura de corpos de prova (CP's), Todos os moldes usados, seguem as especificações da normativa, sendo feitos de aço antioxidante, e não absorvem partículas de cimento Portland. Logo em seguida, realizou-se uma aplicação de uma camada fina de óleo, para facilitar a desmoldagem e evitar a perda de material, que poderia ficar grudado aos mesmos. Deixando especificado que o óleo usado não interfere nos resultados das amostragens (Figura 10). Foram feitos ensaios de CP's cilíndricos com dimensões padronizadas em 100mm de diâmetro e com 200mm de

comprimento, onde o material inserido em cada forma, foi apiloado com 12 batidas, cada vez que preenchia uma de suas metades.

Figura 10 - Amostragem de corpos de prova



Após 24 horas dos ensaios realizados, as amostras foram imersas em um tanque preenchido com água, dando início ao processo de cura aguardando os dias necessários para dar início aos testes de rompimento. Os corpos de prova ficam submersos até o dia de sua execução obedecendo todo o processo citado na NBR 5738/2015 e NBR 9479/2006. Depois de curados, eles devem passar por um processo de retificação das suas bases, para que a superfície irregular, não interfira nos resultados, sempre os mantendo úmido e sem interferência de colisões ou quedas.

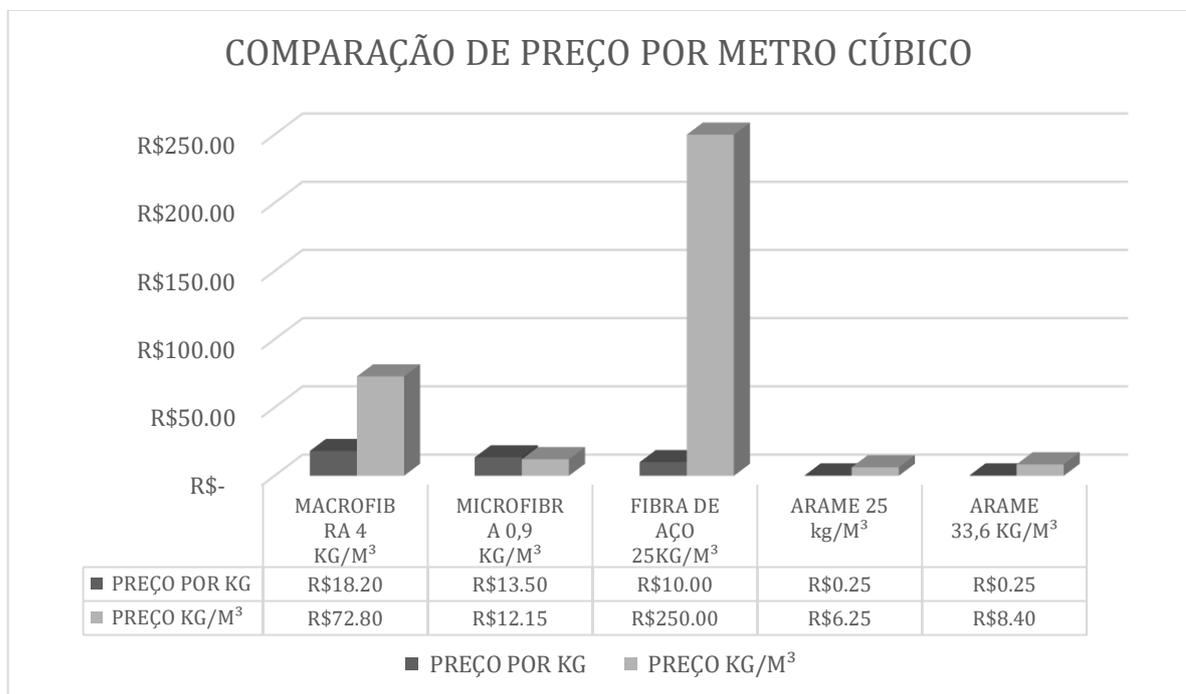
Aos 7 dias posteriores a moldagem, foram rompidas 2 amostras de cada ensaio, tendo resultados de compressão. Dessa forma os corpos de prova são colocados no centro do eixo da prensa para que a força passe pelo centro do mesmo, a aplicação da força deve ser contínua para que não haja interferência no resultado.

Para os resultados de tração, teve a necessidade de aguardar 14 dias, por conta de falta do equipamento necessário para tal atividade. Após os 14 dias, os cp's (corpos de prova) foram rompidos a compressão diametral, de acordo com a NBR 7222/2010, em uma prensa de classe I. O ensaio foi realizado inserindo as amostras centralizadas no ponto máximo de carga fornecido pela prensa, com duas fibras de madeiras rígidas entre os pratos retangulares da máquina e o corpo de prova. Dessa forma, a aplicação da força inserida pela prensa, se distribui no centro do comprimento da amostra cilíndrica, fazendo com que o mesmo, se expanda para as laterais criando

fissuras em seu eixo. Como os testes eram apenas para comparação entre as adições, não houve necessidade de espera dos 28 dias.

Em relação aos valores, realizou-se uma pesquisa de valores de venda das fibras, em algumas empresas, e o preço da compra de sucata de aço, tendo uma média relativa de preço, que permitiu a checagem do valor que cada metro cúbico teria com cada adição, considerando a dosagem usada neste artigo em questão, a análise quantitativa está exposta no gráfico 1.

Gráfico 1- Comparação de Preço



RESULTADO E DISCUSSÃO

De acordo com a pesquisa realizada foi obtido que para a armação dos 600 quilogramas de ferragem, o resultado da pesagem das sobras foi de 5,0042 kg, ou seja, gera um fator de desperdício equivalente a 0,834%, do peso da ferragem pronta. constatou-se também que, o total das sobras de arame geradas na execução do edifício citado, seria cerca de 9,006 kg, tendo como valor principal para a ferragem armada 10.798,2 kg, após a retirada da porcentagem de perda dos vergalhões.

Como esses dados foram obtidos de pequenas edificações, podem parecer insignificantes, mas quando somado todo o desperdício de uma cidade, com mais de 100.000 habitantes, o resultado se torna considerável. Com esses resultados pode-se obter o valor da quantidade de pontas de arame descartadas, considerando o preço de compra do arame equivalente a R\$18,45 o kg. Para uma melhor análise, realizou-se um comparativo na tabela 2.

Tabela 2 - Tabela quantitativa de desperdício

TABELA QUANTITATIVA DE DESPERDÍCIO					
PESO DA ARMADURA		RESTOLHO (arame)		VALOR R\$	
100,00	Kg	0,83	Kg	R\$ 15,31	
300,00	Kg	2,50	Kg	R\$ 46,12	
600,00	Kg	5,00	Kg	R\$ 92,25	
1.000,00	Kg	8,34	Kg	R\$ 153,87	
5.000,00	Kg	41,70	Kg	R\$ 769,36	
10.000,00	Kg	83,40	Kg	R\$ 1.538,73	
100.000,00	Kg	834,03	Kg	R\$ 15.387,85	

Os testes foram realizados mantendo a umidade dos materiais uniforme para todos traços, e mesmo mantendo dosagens iguais durante os ensaios, o slump test apresentou um resultado diferente para as adições incorporadas, sendo observado que quanto maior a quantidade de fibras adicionadas, menor o valor de abatimento, como mostra as tabelas 3 e 4.

Tabela 3 - Slump test: compressão

SLUMP TEST (COMPRESSÃO)		
TIPO DE ADIÇÃO	QUANTIDADE FIBRAS (gramas)	ABATIMENTO (mm)
Macrofibra	040	065
Microfibra	009	085
Fibra de aço	250	100
Arame bwg18	040	135
Arame bwg18	336	065
Arame bwg18	250	095
SIMPLES	-	135

Tabela 4 - Slump test: tração

SLUMP TEST (TRAÇÃO)		
TIPO DE ADIÇÃO	QUANTIDADE FIBRAS (gramas)	ABATIMENTO (mm)
Macrofibra	040	045
Microfibra	009	080
Fibra de aço	250	095
Arame bwg18	040	120
Arame bwg18	336	10,5
Arame bwg18	250	085
Simples	-	135

O teste de abatimento mostrou que quanto maior a quantidade de fibras adicionadas ao concreto, menor o abatimento, delimitando o uso de fibras para apenas algumas estruturas, e aumentando a necessidade de vibração.

Após 7 dias de cura foram rompidos os corpos de prova, obedecendo a NBR 5739/2018 (ensaio de compressão de corpos de prova), permitindo a análise dos mesmos em uma relação do arame comparado com os demais. As cargas obtidas pela prensa foram dadas em toneladas, sendo feita uma média entre os dois CP'S de cada amostra, tendo os resultados em newtons especificados a seguir.

7 dias:

Macrofibra:	Média - $f = \frac{(22,87+22,62)}{2} * 10.000 = 227.450$ newtons
Microfibra:	Média - $f = \frac{(23,35+20,50)}{2} * 10.000 = 219.250$ newtons
Fibra de aço:	Média - $f = \frac{(26,01+25,00)}{2} * 10.000 = 255.050$ newtons
Arame 40 gramas:	Média - $f = \frac{(25,23+22,37)}{2} * 10.000 = 238.000$ newtons
Arame 336 gramas:	Média - $f = \frac{(21,54+22,21)}{2} * 10.000 = 218.750$ newtons
Arame 250 gramas:	Média - $f = \frac{(22,32+21,35)}{2} * 10.000 = 218.350$ newtons
Simples:	Média - $f = \frac{(26,71+24,65)}{2} * 10.000 = 256.800$ newtons

28 dias:

Macrofibra:	Média - $f = \frac{(27,86+28,40)}{2} * 10.000 = 281.300$ newtons
Microfibra:	Média - $f = \frac{(27,29+30,20)}{2} * 10.000 = 287.450$ newtons
Fibra de aço:	Média - $f = \frac{(32,42+33,57)}{2} * 10.000 = 329.950$ newtons

Arame 40 gramas:	Média - $f = \frac{(28,87+29,82)}{2} * 10.000 = 293.450$ newtons
Arame 336 gramas:	Média - $f = \frac{(29,10+26,31)}{2} * 10.000 = 277.050$ newtons
Arame 250 gramas:	Média - $f = \frac{(28,39+29,73)}{2} * 10.000 = 290.600$ newtons
Simplex:	Média - $f = \frac{(30,38+28,23)}{2} * 10.000 = 293.050$ newtons

Com a média em newtons, iniciou-se os cálculos para obter as cargas suportadas em mega pascal (MPa), a qual é $f_c = \frac{4F}{\pi D^2}$ onde: F_c = a resistência a compressão em MPa; F = força determinada em newtons e D = ao diâmetro do corpo de prova em milímetros. Os resultados após os cálculos, foram expostos na tabela 5 e 6.

Tabela 5 - Valores: compressão com 7 dias

RESULTADOS À COMPRESSÃO 7 DIAS		
1	Macrofibra	28,96 MPa
2	Microfibra	27,92 MPa
3	Fibra de aço	32,47 MPa
4	Arame 40 gramas	30,30 MPa
5	Arame 336 gramas	27,85 MPa
6	Arame 250 gramas	27,80 MPa
7	Simplex	32,70 MPa

Tabela 6 - Valores: compressão com 28 dias

RESULTADOS À COMPRESSÃO 28 DIAS		
1	Macrofibra	35,82 MPa
2	Microfibra	36,60 MPa
3	Fibra de aço	42,01 MPa
4	Arame 40 gramas	37,36 MPa
5	Arame 336 gramas	35,28 MPa
6	Arame 250 gramas	37,00 MPa

Relacionado a compressão, pode ser observado que apesar do teste de abatimento ter sido diferente em todas as amostras, os resultados foram próximos, destacando apenas a fibra de aço industrial, que foi superior às demais.

Já os testes de Tração por Compressão Diametral foram executados no laboratório da faculdade Patos de Minas (FPM), tendo em vista valores de comparação entre as amostras, seguindo todos os protocolos de segurança. Os resultados fornecidos pela prensa hidráulica foram em toneladas, e estes foram:

Tração com 14 dias:

Macrofibra:	$média - f = \frac{(11,40+10,63)}{2} * 10.000 = 110.150 \text{ newtons}$
Microfibra:	$média - f = \frac{(13,29+10,27)}{2} * 10.000 = 117.800 \text{ newtons}$
Fibra de aço:	$média - f = \frac{(15,57+16,09)}{2} * 10.000 = 158.300 \text{ newtons}$
Arame 40 gramas:	$média - f = \frac{(12,92+12,48)}{2} * 10.000 = 127.000 \text{ newtons}$
Arame 336 gramas:	$média - f = \frac{(12,36+13,34)}{2} * 10.000 = 128.500 \text{ newtons}$
Arame 250 gramas:	$média - f = \frac{(14,51+14,75)}{2} * 10.000 = 146.300 \text{ newtons}$
Simples:	$média - f = \frac{(12,62+13,95)}{2} * 10.000 = 132.850 \text{ newtons}$

Tração com 28 dias:

Macrofibra:	$média - f = \frac{(12,93+14,14)}{2} * 10.000 = 135.350 \text{ newtons}$
Microfibra:	$média - f = \frac{(17,76+17,46)}{2} * 10.000 = 176.100 \text{ newtons}$
Fibra de aço:	$média - f = \frac{(16,98+17,26)}{2} * 10.000 = 171.200 \text{ newtons}$
Arame 40 gramas:	$média - f = \frac{(14,81+14,74)}{2} * 10.000 = 147.750 \text{ newtons}$
Arame 336 gramas:	$média - f = \frac{(14,32+13,67)}{2} * 10.000 = 139.950 \text{ newtons}$
Arame 250 gramas:	$média - f = \frac{(16,81+17,01)}{2} * 10.000 = 169.100 \text{ newtons}$
Simples:	$média - f = \frac{(18,74+17,39)}{2} * 10.000 = 180.650 \text{ newtons}$

Após o término da prensagem de todos os cp's, foi realizado o cálculo da resistência a tração por compressão diametral, de acordo com a ABNT NBR 7222/2010. Para calcular a resistência em MPa (mega pascal) entrou em uso a equação $F_{ct'sp} = \frac{2F}{\pi dl}$, onde: l=comprimento em milímetros; d= diâmetro em milímetros; F=força máxima em newtons; $F_{ct'sp}$ = resistência a tração em MPa. Deste, obteve-se os resultados expostos nas tabelas 7 e 8.

Tabela 7 - Valores de tração por compressão diametral

RESULTADOS À TRAÇÃO 14 DIAS		
1	Macrofibra	3,51 Mpa
2	Microfibra	3,75 Mpa
3	Fibra de aço	5,04 Mpa
4	Arame 40 gramas	4,04 Mpa
5	Arame 336 gramas	4,09 Mpa
6	Arame 250 gramas	4,66 Mpa
7	Simplex	4,23 Mpa

Tabela 8 - Valores de tração por compressão diametral

RESULTADOS À TRAÇÃO 28 DIAS		
1	Macrofibra	4,31 MPa
2	Microfibra	5,61 Mpa
3	Fibra de aço	5,45 MPa
4	Arame 40 gramas	4,70 Mpa
5	Arame 336 gramas	4,45 Mpa
6	Arame 250 gramas	5,38 Mpa
7	Simplex	5,75 MPa

Ao término do teste, obteve-se resultados significativos, pois as fibras de arame bwg18 não obtiveram resultados inferiores aos demais, considerando a quantidade inserida em cada amostra.

Uma das questões para serem levadas em consideração, é o peso do concreto com a adição de fibras do arame, pois o aço tem a densidade bastante elevada quando relacionado ao polipropileno, o que afetará os cálculos das estruturas, caso não incorpore o peso próprio do concreto corrigido.

CONCLUSÃO

Após a realização da pesquisa, foi possível concluir que durante a confecção das armaduras para concreto armado, há um desperdício considerável de arame bwg18, que podem ser reaproveitadas como fibras dentro do concreto, pois seus resultados de resistência foram praticamente iguais, quando comparadas com as outras fibras. Para esse aproveitamento, deve-se analisar alguns procedimentos a serem executados antes do uso do mesmo. Também deve ser observado e padronizado o comprimento do arame, princípios de oxidação, distribuição das mesmas dentro do traço de concreto, entre outros aspectos característicos. O uso dessas fibras pode ser determinado como diferente para cada obra e local a ser utilizado. Analisou-se também a incorporação das adições dentro do concreto, comparando todas as fibras utilizadas, inclusive o arame.

Para um melhor resultado, podem ser executados testes de impacto, flexão, cisalhamento, oxidação, ou qualquer outro que seja necessário dependendo do local de uso do concreto.

O valor do metro cúbico de concreto com as adições obteve uma grande diferença quando comparado o preço de compra das fibras industriais com o preço de compra do restolho de arame, considerando o valor pago por empresas de reciclagem de sucata de ferro.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15113**: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação – Rio de Janeiro, 2004.
- ABNT. **NBR 5738**: Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.
- ABNT. **NBR 5739**: Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 1994.
- ABNT. **NBR 7222**: Determinação da resistência a tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2010.
- ABNT. **NBR 9479**: Câmaras Úmidas e tanques para cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2006.
- ABNT. **NBR NM 67**: Determinação da consistência obtida pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.
- AKRON. **Macrofibra estrutural para concreto**: disponível em: <https://akronrs.com.br/produto/fibra-estrutural-para-concreto/>. Acesso em 19 out. 2020.
- ARCELORMITTAL. **O uso das fibras de aço no concreto**. disponível em: <http://blog.arcelormittal.com.br/o-uso-de-fibras-de-aco-no-concreto/>. Acesso em: 21 out. 2020
- GERDAU. **Arame recozido**: facilidade e rapidez na aplicação. Disponível em: <https://www2.gerdau.com.br/produtos/aram-recozido>. Acesso em: 19 out. 2020.
- Milhome, M. A. L.; Holanda, J. W. B.; de Araújo Neto, J. R.; do Nascimento, R. F. Diagnóstico da Contaminação do Solo por Metais Tóxicos Provenientes de Resíduos Sólidos Urbanos e a Influência da Matéria Orgânica. **Rev. Virtual Quim., 2018, 10 (1), no prelo**. 2018. Disponível em: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:AUSMThyr2LcJ:rvq.sbg.org.br/audiencia_pdf.asp%3Faid2%3D876%26nomeArquivo%3Dv10n1a07.pdf+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br. Acesso em: 20 out. 2020.
- NTCBRASIL: **Fibra de polipropileno para concreto microfibra**. Disponível em: <https://www.ntcbrasil.com.br/fibras-de-polipropileno-para-concreto/fibra-de-polipropileno-para-concreto-microfibra/>. Acesso em 23 out. 2020.
- NEVILLE, A.M.; BROOKS, J.J. **Tecnologia do concreto**. 2. ed. São Paulo: Bookman, 2013. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=cqY5AgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR4&dq=concreto&ots=RXnHClxwTW&sig=TIUpTeyfaGOXpYjXnP7YceiPUqQ#v=onepage&q=concreto&f=false>. Acesso em: 06 nov. 2020.