

DESEMPENHO DA CARACTERIZAÇÃO DE PASTAS DE CIMENTOS COM O USO PARCIAL DE RESÍDUOS DE GRANALHA DE AÇO

PERFORMANCE OF THE CEMENT PASTE CHARACTERIZATION IN THE PARTIAL USE OF STEEL SHOT RESIDUE

Livia Ferreira Boaro¹; Murilo Henrique Rodrigues²; Erika Regina Costa Castro³

¹ Graduada em Eng.^o Civil, Centro Universitário de Brasília – Uniceub

² Graduado em Eng.^o Civil, Centro Universitário de Brasília - Uniceub

³Prof^a. M. Sc., Centro Universitário de Brasília - Uniceub

Avenida das Araucárias, Rua 214, Lote 1/17, QS 1, Taguatinga, Brasília-DF, 72025-120

Resumo

O cimento é um dos produtos mais importantes para o desenvolvimento do homem na idade moderna, porém sua produção traz uma série de problemas para o meio ambiente, sendo um dos grandes responsáveis pela emissão de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera, sendo um dos principais gases que provocam o aumento da temperatura na Terra. Outro produto que acarreta sérios problemas para o meio ambiente é a granalha de aço, que é utilizada comumente em jateamento, mas que após seu uso é descartada em aterros industriais ou utilizada para confecções de produtos que também prejudicam o meio ambiente. Um dos principais usos do cimento é na produção de argamassa, mistura essa composta basicamente de água, cimento e agregado miúdo. Dessa forma, utilizar granalha de aço como substituto parcial do cimento na produção de argamassa pode acarretar em um descarte mais sustentável do resíduo da granalha de aço e uma redução significativa da quantidade de cimento a ser usado, o que pode vir a reduzir a necessidade de sua produção deste insumo. Neste sentido, o presente trabalho buscou analisar por meio de ensaios em laboratório o desempenho mecânico da substituição parcial de cimento por resíduo de granalha de aço. Tendo em vista os traços analisados, percebeu-se que os resultados das pastas de cimento, onde ocorreram a substituição por resíduo de granalha de aço, ficaram similares aos resultados da pasta de referência (100% cimento), concluindo-se que o uso deste tipo de resíduo é viável tecnicamente e ambientalmente na produção de argamassas.

Palavra-Chave: Cimento, Granalha de aço, Resíduo, Caracterização, Parcial.

Abstract

The cement is one of the most important products for the human development in the modern ages, besides that the production of cement brings a series of problems to the environment, being one of the biggest responsible for the emission of carbon dioxide (CO₂), one of the main gases that cause the global warming. Another product that causes a series of problems to the environment is the steel shot, commonly used in blasting, but after used is discarded in industrial landfills. One of the main uses of the cement, is in the production of mortar, that is basically a mix of cement, water and sand. That way using steel shot residue as a partial substitute to the cement in the production of mortar can cause a discard more sustainable of the steel shot residue and a significantly reduce on the volume of cement utilized, that can occurs to reduce the need in its production. In this sense, the present work searched to analysis through tests in laboratory the influence of partial substitution of cement for steel shot residue. In the proportions analyzed, realized that the results of cement mix, where substitution of steel shot residue occurs, became similar to the results of reference (100% cement), concluding that the use of this kind of residue is viable technically and environmentally in the production of mortar.

.Keywords: Cement, Steel Shot, Residue, Characterization, Partial

1. Introdução

A argamassa é uma das misturas mais utilizadas na Engenharia Civil, sendo basicamente um composto de água, cimento e agregado miúdo. O cimento por sua vez é um material essencial para a sociedade contemporânea, porém sua produção e uso traz uma série de problemas para o meio ambiente, pois demanda que se tenha alta extração de matéria prima finita do meio ambiente e uma grande quantidade de energia para sua produção, acarretando em queima de combustíveis não renováveis, gerando uma produção de gases nocivos como o CO₂.

Segundo uma matéria da “Columbia University”, estima-se que as cimenteiras são responsáveis por cerca de 5% da emissão global de CO₂, um dos principais gases que causam o aumento da temperatura na Terra. Para reduzir os impactos negativos da produção do cimento no meio ambiente, tem-se buscado desenvolver meios para minimizar esses efeitos, seja na matéria prima para a produção ou no processo de produção industrial. (EARTH INSTITUTE, 2012)

No Brasil, têm se destacado pesquisas inovadoras, com grande atenção no reaproveitamento de resíduos no ciclo produtivo da construção civil, dentre esses resíduos tem-se o reaproveitamento de subprodutos de minério de ferro. Segundo Aristimunho e Bertocini (2012) em seu artigo publicado na Revista IBRACON (2012), os autores realizaram diversos experimentos, a utilização de lama de minério de ferro em forma de pó como aditivo, substituindo parcialmente no cimento e também substituições no agregado miúdo, para confecção de concretos.

Outro subproduto que está relacionado com o minério de ferro é a granalha de aço que é um abrasivo utilizado em jateamento, para promover a limpeza de superfícies removendo oxidação, modificando topografia de superfícies e outros benefícios.

A composição química da granalha de aço segue ao disposto na norma da SAE (Society of Automotive Engineers - EUA) Norma SAE J827 1.10.2019, que especifica uma porcentagem em peso no produto final de 0,80% a 1,20% de carbono, 0,60% a 1,20% de manganês, um mínimo de 0,40% de silício, um máximo de 0,05% de enxofre e máximo de 0,05% de fósforo. Componentes como o silício são conhecidos pela sua capacidade de dar resistência, fluidez e durabilidade ao concreto. (SINTO, 2012)

Dessa forma, tendo em vista a composição química da granalha de aço ter propriedades que podem reforçar o desempenho do cimento na confecção das argamassas, despertou-se a ideia de investigar se o uso do resíduo da granalha de aço contribui para o melhoramento das resistências mecânicas da argamassa de cimento.

Neste estudo foi utilizado resíduo de granalha de aço como substituto parcial do cimento Portland, buscando assim avaliar a viabilidade mecânica da mistura, buscando assim reduzir a utilização de cimento e um reaproveitamento da granalha de aço que seria descartada, objetivando uma redução significativa da utilização desses materiais que são essenciais para a sociedade moderna.

Para realização da pesquisa foi necessário a execução de diversos ensaios para obter a análise do desempenho físico e mecânico da argamassa estudada. Cabe destacar que fica como sugestão para estudos futuros a análise de durabilidade da mistura por meio de ensaios de potencial de corrosão.

1.1. Caracterização das pastas de cimento com o uso do resíduo da granalha de aço

1.1.1. Cimento

Para a realização dos ensaios, foram utilizados dois tipos de cimento, CP II Z (Cimento Portland composto com pozolana) e CPV-ARI (Cimento Portland de alta resistência inicial). Os cimentos utilizados seguem a norma NBR 16697/2018.

1.1.2. Granalha de aço

Foi utilizado no decorrer dos ensaios o resíduo da granalha de aço (Figura 01) caracterizada de acordo com a NBR NM 248:2003 e NBR 9776:1987, para determinação do módulo de finura e da massa específica conforme as Tabelas 1 e 2.

Figura 1 – Granalha de Aço



Fonte: <http://pt.nbfusedalumina.com/steel-shot/55181913.html>

Tabela 1 – Caracterização da composição granulométrica segundo a NM 248:2003.

Granulometria - Pó de ferro						
Peneira (mm)	Massa da peneira Vazia (g)	Massa da Amostra + Peneira (g)	Massa Amostra (g)	% Retida	% Retida corrigida	% Retida acumulada
2,4	355,75	355,75	0	0,00%		0,00%
1,2	365,28	366,09	0,81	0,08%		0,08%
0,6	319	480,37	161,37	16,14%		16,22%
0,3	314,2	974,37	660,17	66,02%		82,24%
0,15	304,25	446,36	142,11	14,21%		96,45%
Fundo	316,74	350,92	34,18	3,42%		100%
Total			998,70	100%		100%
MODULO DE FINURA						1,95

Fonte: autora, 2020.

Tabela 2 – Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco chapman segundo a NBR 9776:1987.

Frasco Chapman							
Amostra	Fluido	Quantidade do Fluido (ml)	Densidade do Fluido (g/cm³)	Material	Quantidade do Material (g)	Leitura (cm³)	Densidade do material (g/cm³)
1	Alcool	350	0,789	pó de ferro	500	407	3,821169278
2			0,789			408	3,792188093

Fonte: autora, 2020.

1.1.3. Agregado miúdo

Para realização dos ensaios de caracterização da mistura, foi utilizada areia normatizada pela NBR 7214:2015.

2. Confeção dos corpos de prova

2.1. Corpos de prova cilíndricos

Para a moldagem dos corpos de prova cilíndricos (Figura 2) foi utilizada a NBR 7215:2019 que especifica o método de preparo e a quantidade de areia de acordo com sua finura. Foram produzidos corpos de prova para 04 traços diferentes: um traço de referência (100% cimento) e 03 traços com porcentagens de 5%, 10% e 15% de substituição do cimento por resíduo de granalha de aço.

Foram moldados ao todo 48 corpos de prova cilíndricos (Figura 3), 24 confeccionados com CII-Z 32 e 24 com CPV-ARI, sendo 6 para referência, 6 para 5%, 6 para 10% e 6 para 15%. Para cada idade (3, 7 e 28 dias, sendo) foram utilizados 2 CP, sendo cada um de um tipo de cimento específico (01 para CP II Z e 01 para CP V), sendo 1 corpo de prova para compressão axial e 1 corpo de prova para compressão diametral. Após 24 horas da moldagem dos corpos de prova, de acordo com a norma, foram colocados em cura submersa para serem rompidos nas idades de 3, 7 e 28 dias.

Figura 2 – Moldes Cilíndricos



Fonte: autora, 2020.

Figura 3 – Corpos de Provas Cilíndrico para cada tipo de argamassa



Fonte: autora, 2020.

2.2. Corpos de prova prismáticos

Foram moldados ao todo 68 corpos de prova prismáticos (Figura 4 e 5), 36 foram confeccionadas com CII-Z 32 e 36 com CPV-ARI, sendo que 9 para referência, 9 para 5%, 9 para 10% e 9 para 15%, os quais foram rompidos 3 CP em cada idade, ou seja, 3, 7 e 28 dias.

Figura 4 – Moldes prismáticos



Fonte: autora, 2020.

Figura 5 – Corpos de Provas Prismáticos para cada tipo de argamassa



Fonte: autora, 2020.

3. Resultados e discussões

3.1. Ensaio de compressão para corpos de provas cilíndricos moldados com cimento CII-Z 32

Os corpos de prova cilíndricos moldados com o cimento CII-Z 32 foram submetidos a compressão axial e diametral nas idades de 3, 7 e 28 dias, os dados coletados podem ser observados conforme a Tabela 3. Os resultados mais representativos se encontram destacadas.

Tabela 3 – Valores da resistência a compressão de corpos de prova cilíndricos moldados com CII-Z 32 segundo a NBR 7215:2019.

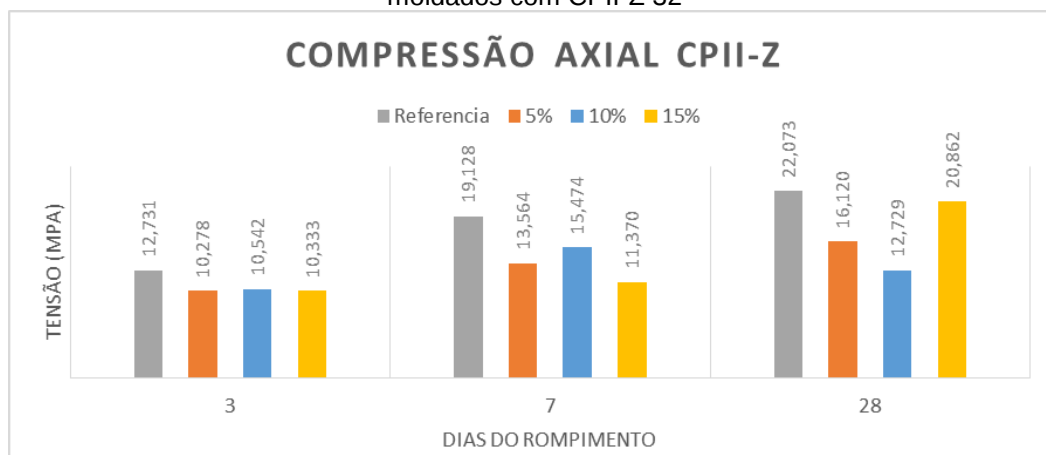
CII-Z 32					
Compressão Axial			Compressão Diametral		
Rompimento	% pó de ferro	σ (Mpa)	Rompimento	% pó de ferro	σ (Mpa)
3 dias	Referência (0%)	12,731	3 dias	Referência (0%)	1,923
	5%	10,278		5%	1,854
	10%	10,542		10%	1,705
	15%	10,335		15%	1,507
7 dias	Referência (0%)	19,128	7 dias	Referência (0%)	2,249
	5%	13,564		5%	2,286
	10%	15,474		10%	1,998
	15%	11,370		15%	1,623
28 dias	Referência (0%)	22,073	28 dias	Referência (0%)	2,965
	5%	16,120		5%	3,139
	10%	12,729		10%	2,794
	15%	20,862		15%	2,437

Fonte: autora, 2020.

3.1.1. Compressão axial

Com base no Gráfico 1, é possível observar que os corpos de prova que foram submetidos a compressão axial obtiveram resultado abaixo do valor de referência, porém com 28 dias o valor de substituição de 15% está bem próximo ao valor de referência.

Gráfico 1 – Comparativo dos valores de resistência a compressão axial de corpos de prova cilíndricos moldados com CII-Z 32

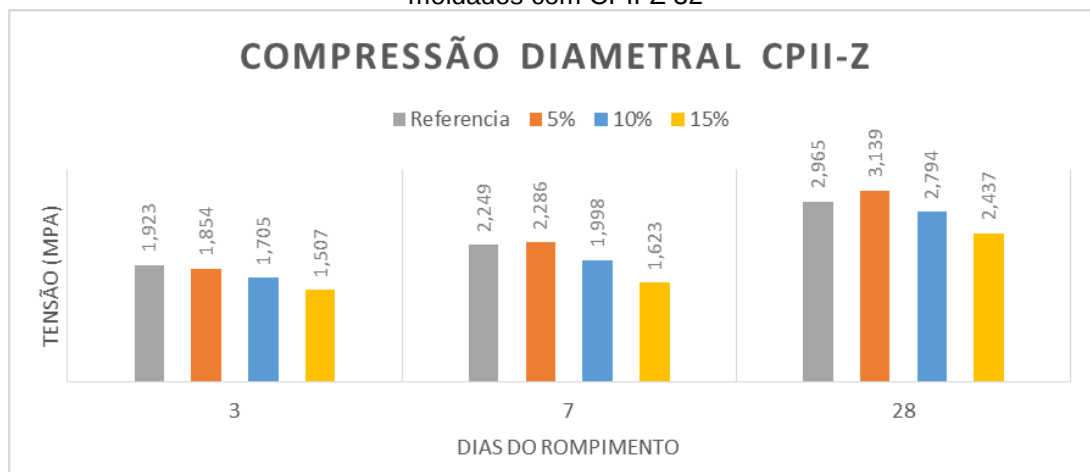


Fonte: autora, 2020.

3.1.2. Compressão diametral

Já nos resultados dos ensaios de compressão diametral é possível observar que nas idades de 3 e 7 dias, os corpos de prova possuem resistência similares, no entanto na idade de 28 dias o valor da substituição de 5% obteve um ganho significativo de resistência se comparado ao valor de referência.

Gráfico 2 – Comparativo dos valores de resistência a compressão diametral de corpos de prova cilíndricos moldados com CII-Z 32



Fonte: autora, 2020.

3.2. Ensaio de flexão para corpos de provas prismáticos moldados com cimento CII-Z 32

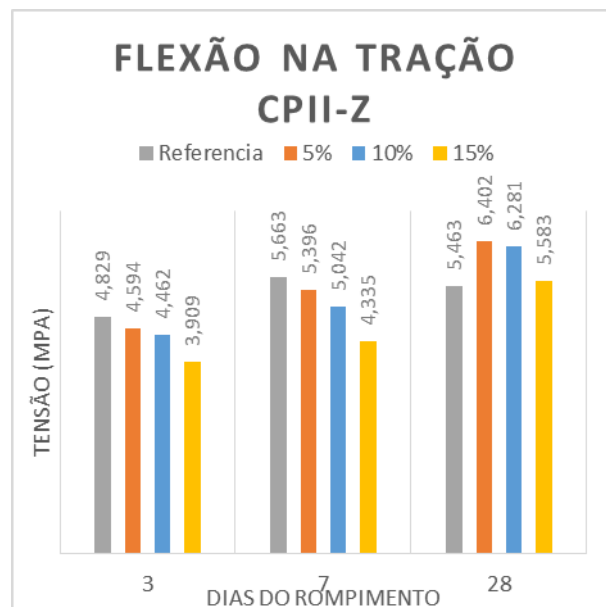
De acordo com a NBR 13279:2005 foram executados os ensaios de resistência à tração na flexão, nos corpos de prova prismáticos moldados com CII-Z 32, para as idades de 3 e 7 dias, os quais obtiveram valores abaixo do de referência, porém aos 28 dias o resultado foi o oposto, ou seja, todas as porcentagens obtiveram valores acima do valor de referência, conforme pode ser observado na Tabela 4 e Gráfico 3. O maior valor se encontra em destaque.

Tabela 4 – Valores da resistência a tração na flexão moldados com CII-Z 32.

CII-Z 32		
Tração na Flexão		
Rompimento	% pó de ferro	σ (Mpa)
3 dias	Referência (0%)	4,829
	5%	4,594
	10%	4,462
	15%	3,909
7 dias	Referência (0%)	5,663
	5%	5,396
	10%	5,042
	15%	4,335
28 dias	Referência (0%)	5,463
	5%	6,402
	10%	6,281
	15%	5,583

Fonte: autora, 2020.

Gráfico 3 – Comparativo dos valores de resistência á flexão na tração



Fonte: autora, 2020.

3.3. Ensaio de compressão para corpos de provas cilíndricos moldados com cimento CPV-ARI

Para os corpos de prova moldados com CPV-ARI, os resultados de compressão axial e diametral podem ser observados na Tabela 5. Os valores mais representativos estão destacados

Tabela 5 – Valores da resistência a compressão de corpos de prova cilíndricos moldados com CPV-ARI segundo a NBR 7215:2019.

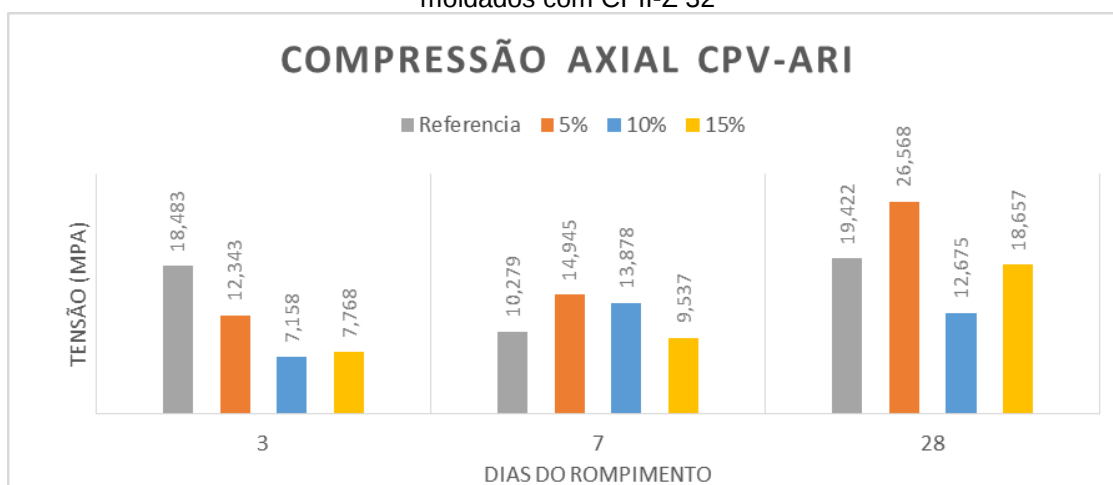
CPV-ARI					
Compressão Axial			Compressão Diametral		
Rompimento	% pó de ferro	σ (Mpa)	Rompimento	% pó de ferro	σ (Mpa)
3 dias	Referência (0%)	18,483	3 dias	Referência (0%)	2,021
	5%	12,343		5%	1,987
	10%	7,158		10%	2,035
	15%	7,768		15%	1,608
7 dias	Referência (0%)	10,279	7 dias	Referência (0%)	3,124
	5%	14,945		5%	2,342
	10%	13,878		10%	2,164
	15%	9,537		15%	2,480
28 dias	Referência (0%)	19,422	28 dias	Referência (0%)	3,911
	5%	26,568		5%	2,999
	10%	12,675		10%	3,215
	15%	18,657		15%	3,065

Fonte: autora, 2020

3.3.1. Compressão axial

Ao se tratar de compressão axial os resultados apresentados no Gráfico 4, mostram que a porcentagem de substituição de 5%, obteve valor relevante aos 28 dias com relação às demais porcentagens, principalmente levando-se em consideração o valor de referência.

Gráfico 4 – Comparativo dos valores de resistência a compressão axial de corpos de prova cilíndricos moldados com CII-Z 32

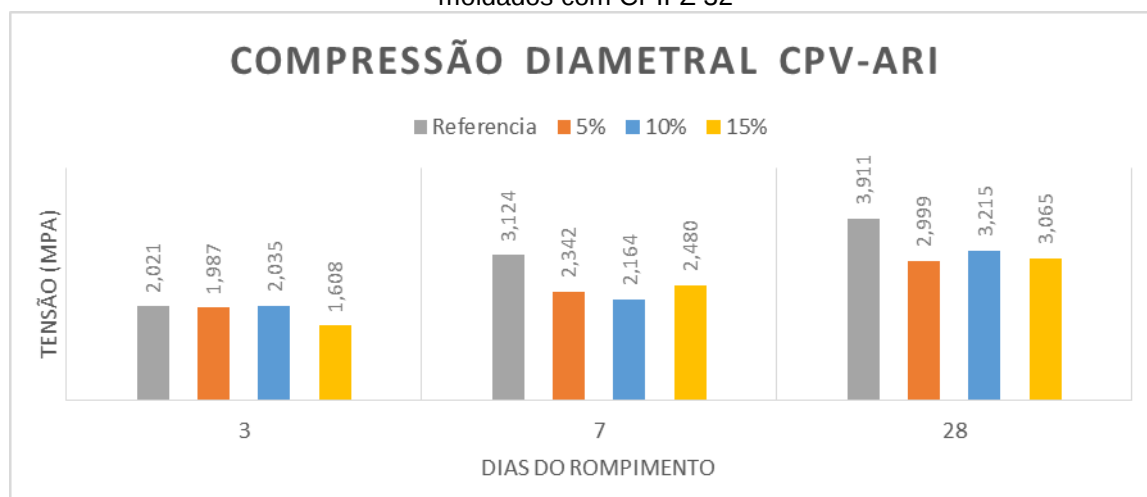


Fonte: autora, 2020

3.3.2. Compressão diametral

No que tange aos resultados de compressão diametral, nenhum dos corpos de prova com substituição apresentaram valores maiores que o de referência, em nenhuma idade, porém seus valores ainda se mostraram positivos, já que não apresentam tanta discrepância com relação ao valor de referência. Tais comparações podem ser analisadas no Gráfico 5.

Gráfico 5 – Comparativo dos valores de resistência a compressão diametral de corpos de prova cilíndricos moldados com CII-Z 32



Fonte: autora, 2020

3.4. Ensaio de flexão para corpos de provas prismáticos moldados com cimento CPV-ARI

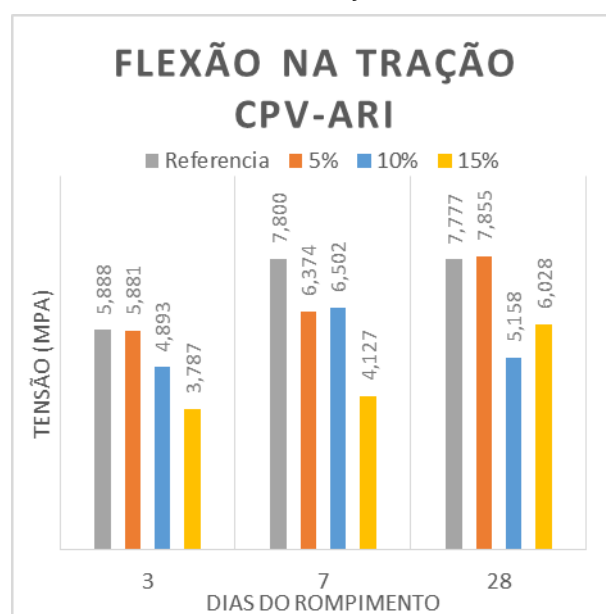
De acordo com a ABNT NBR 13279:2005, obteve-se resultados satisfatórios com os corpos de prova prismáticos, principalmente para a porcentagem de substituição de 5 %, o qual nas idades de 3 e 7 dias apresentou resultados similares ao de referência, e aos 28 dias superou o valor de referência. Conforme pode ser observado na Tabela 6 e Gráfico 6. O valor mais representativos está selecionado na referida tabela.

Tabela 6 – Valores da resistência a tração na flexão

CPV-ARI		
Tração na Flexão		
Rompimento	% pó de ferro	σ (Mpa)
3 dias	Referência (0%)	5,888
	5%	5,881
	10%	4,893
	15%	3,787
7 dias	Referência (0%)	7,800
	5%	6,374
	10%	6,502
	15%	4,127
28 dias	Referência (0%)	7,777
	5%	7,855
	10%	5,158
	15%	6,028

Fonte: autora, 2020.

Gráfico 6 – Comparativo dos valores de resistência a flexão na tração



Fonte: autora, 2020.

3.5. Ensaio de pasta de consistência normal e ensaio de início e fim de pega

Foi realizado o ensaio de início e fim de pega, para os dois tipos de cimento previamente analisados, seguindo a norma da NBR 16607:2018. Foi possível observar que tanto para o cimento CPPII-Z 32 quanto para o cimento CPV-ARI houve uma redução significativa no fator água/cimento (fator a/c), ou seja quanto maior a porcentagem de substituição menor a quantidade de água necessária para se obter as condições de pasta normal, NBR 16606:2018, estes dados podem ser observados conforme as Tabela 7, 8, 9 e 10.

Tabela 7 – Valores referentes ao ensaio de consistência de pasta normal para o cimento CP11-Z 32

Ensaio de consistencia de pasta de normal				
CP11-Z 32				
Corpo de prova	massa do cimeto (g)	massa do pó de ferro (g)	massa da água utilizada (g)	quantidade de água para a consistencia normal (%)
Referência	500	0	136	27,200%
5%	475	25	131,25	26,250%
10%	450	50	123,5	24,700%
15%	425	75	118	23,600%

Fonte: autora, 2020.

Tabela 8 – Valores referentes ao ensaio de consistência de pasta normal para o cimento CPV-ARI

Ensaio de consistencia de pasta de normal				
CPV-ARI				
Corpo de prova	massa do cimeto (g)	massa do pó de ferro (g)	massa da água utilizada (g)	quantidade de água para a consistencia normal (%)
Referência	500	0	145	29,000%
5%	475	25	137,5	27,500%
10%	450	50	132,25	26,450%
15%	425	75	126,25	25,250%

Fonte: autora, 2020.

Tabela 9 – Valores referentes ao ensaio de início e fim de pega para o cimento CP11-Z 32

Ensaio de inicio de fim de pega					
CP11-Z 32					
Corpo de prova	quantidade de água para a consistencia normal (%)	Moldagem	Inicio da pega (g)	fim da pega (g)	tempo de pega (min)
Referência	27,200%	15:15	18:30	19:05	03:50
5%	26,250%	14:15	16:15	18:05	03:50
10%	24,700%	14:30	16:40	18:20	03:50
15%	23,600%	14:45	17:00	18:35	03:50

Fonte: autora, 2020.

Tabela 10 – Valores referentes ao ensaio de início e fim de pega para o cimento CPV-ARI,

Ensaio de tempo de pega					
CPV-ARI					
Corpo de prova	quantidade de água para a consistencia normal (%)	Moldagem	Inicio da pega (g)	fim da pega (g)	tempo de pega (min)
Referência	29,000%	16:00	18:05	19:00	03:00
5%	27,500%	16:40	19:15	20:15	03:35
10%	26,450%	13:50	15:50	17:10	03:20
15%	25,250%	14:35	17:10	17:50	03:15

Fonte: autora, 2020.

Analisando os resultados é possível perceber que o cimento CPPII-Z 32, em todas as porcentagens analisadas, possui uma redução significativa no tempo entre o início e fim de pega. Quanto ao CPV-ARI é possível perceber que somente na porcentagem de 15% há redução na diferença de tempo entre o início e fim de pega.

4. Conclusão

Dessa forma é possível observar que em se tratando dos corpos de prova moldados com cimento CPPII-Z 32, os traços com substituição obtiveram valores relativamente menores em comparação ao de referência no ensaio de compressão axial, sendo que o traço com 15% de substituição obteve o melhor resultado

Com relação ao ensaio de flexão, todos os resultados referentes aos traços com substituição obtiveram valores superiores ao traço de referência para a idade de 28 dias, e em se tratando do ensaio de resistência a tração a porcentagem de 5% obteve o melhor resultado, com relação ao traço de referência e também aos 28 dias.

Nas misturas realizadas com o cimento CPV-ARI, de alta resistência inicial, foi possível observar resultados positivos, onde observou-se que com a porcentagem de substituição de 5% é possível obter resultados ainda melhores que os valores padrões de referência.

É relevante destacar que durante a pesquisa, foram utilizadas três porcentagens de substituição de resíduo de granalha por cimento, a fim de verificar qual dessas apresentaria melhor desempenho, é fato que se observou perdas de resistência mecânica em porcentagens distintas. Apesar disso, os valores resultantes das análises não desqualificam o uso da argamassa, isto é, a mesma pode vir a ter bom desempenho dependendo do uso que for dado à mesma, tendo em vista que as perdas analisadas não foram muito significativa, estando muito próximo ao valor de referência. É claro, que para melhor avaliação do desempenho do uso de resíduo de granalha de aço em argamassas está condicionada a outros ensaios físicos e químicos, dando assim continuidade à pesquisa em questão.

Quanto a corrosão e durabilidade das misturas, seria necessário que fossem realizados experimentos específicos para determinar se há ou não uma mudança significativa nesses aspectos, sendo um bom ponto de partida para pesquisas futuras que se proponham a dar continuidade ao estudo em tela com relação.

Sendo assim, é possível observar que a substituição parcial de cimento por resíduo de granalha de aço é promissora, tendo em vista que é possível obter resultados satisfatórios ou até melhor do que o esperado em se tratando de resistência a tração e flexão, e tendo uma redução significativa de cimento na mistura, material esse que como exposto traz consigo durante sua produção uma carga poluidora que impacta no meio ambiente.

Em pesquisas futuras é possível estudar diferentes porcentagens e materiais alternativos para a mistura, como cimentos de marcas e propriedades diferentes, que podem ser utilizados para se aprimorar os resultados que nesse primeiro estudo se mostraram promissores.

5. Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248**: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215**: Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos, Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11579**: Cimento Portland – Determinação do índice de finura por meio da peneira 75 µm (nº 200), Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13279**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos. Rio de Janeiro: ABNT, 2005

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16606**: Cimento Portland – Determinação dos tempos de pega, Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16607**: Cimento Portland – Determinação da pasta de consistência normal, Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778**: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica, Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9776**: Agregados - Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman - Método de ensaio), Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7214**: Areia normal para ensaio de cimento - Especificação, Rio de Janeiro, 2015.

SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS – EUA. Norma **SAE J827** 2019

JOHN, V., AGOPYAN, V. **Reciclagem de resíduos da construção**. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/228600228_Reciclagem_de_residuos_da_construcao, acessado em 30/01/19.

ARISTIMUNHO, Péterson B.; BERTOCINI, Sandra R. **Aplicação de lama de minério de ferro em forma de pó na presença de cimento portland**. Revista IBRACOM de Estruturas e Materiais, Volume 5, Número 2, Abril, 2012



Anais do
62º Congresso Brasileiro do Concreto
CBC2020
Setembro / 2020



@ 2020 - IBRACON - ISSN 2175-8182

EARTH INSTITUTE/ COLUMBIA UNIVERSITY. Disponível em:
<https://blogs.ei.columbia.edu/2012/05/09/emissions-from-the-cement-industry/>

SINTO BRASIL PRODUTOS LIMITADA. Disponível em:
www.sinto.com.br