CONCRETO PARA AMBIENTE RURAL COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO POR RESÍDUO DE LODO

Marília Medeiros de Meiroz Grilo[1]
Fábio Sérgio da Costa Pereira[2]

RESUMO

Esta pesquisa analisou se o concreto para ambiente rural com substituição de 5% do agregado miúdo por lodo de tinta é uma alternativa viável para construção civil, garantindo conhecimento para aplicação prática na diminuição do elevado impacto ambiental e direcionando num resultado inovador e econômico para a engenharia. Através do fornecimento do resíduo de lodo pela empresa BQMIL- Brasil Química e Mineração Industrial Ltda, foram feitos 15 corpos de prova, que posteriormente passaram pelo ensaio de abatimento, onde se obteve 60mm, classificando-o como S50, ideal para pavimentação e fundações, ensaio de absorção que atingiu média de 1,48%, posto que, a máxima absorção permitida pela ABNT é de 10% e ensaio de resistência à compressão que alcançou média de 20,16 MPA, superando a expectativa de 20 MPA preestabelecida, assim, observou-se que o concreto analisado obteve resultados positivos, comprovando que a reutilização do lodo de tinta em concreto para ambiente rural é apto e congruente ao concreto padrão, promovendo redução de 5,82% no orçamento de areia grossa de uma obra e garantindo um destino adequado para este resíduo, ou seja, o lodo derivado da borra de tinta incorporado na produção de concreto é satisfatório e sustentável.

Palavras-chaves: Concreto. Lodo. Construção civil. Economia. Sustentabilidade.

CONCRETE WITH ADDED SLUDGE WASTE IN THE REPLACEMENT OF MIÚDO AREIA AGGREGATE

[1] Acadêmico do curso de Engenharia Civil do centro universitário do Rio Grande do Norte. E-mail: marilia.mmgrilo@gmail.com. Endereço para acessar CV: https://lattes.cnpq.br/4436630910829652.

[2] Professor Orientador do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Rio Grande do Norte. Email: fabiosergio@unirn.edu.br. Endereço para acessar CV: http://lattes.cnpq.br/6695109770318583.

ABSTRACT

This research analyzed whether concrete for rural environments with replacement of 5% of the fine aggregate by paint sludge is a viable alternative for civil construction, guaranteeing knowledge for practical application in reducing the high environmental impact and directing an innovative and economic result for engineering. . Through the supply of sludge residue by the company BQMIL- Brasil Química e Mineração Industrial Ltda, 15 specimens were made, which later went through the slump test, where 60mm was obtained, classifying it as S50, ideal for paving and foundations, absorption test that reached an average of 1.48%, since the maximum absorption allowed by ABNT is 10% and a compressive strength test that reached an average of 20.16 MPA, exceeding the pre-established expectation of 20 MPA, thus, it was observed that the analyzed concrete obtained positive results, proving that the reuse of paint sludge in concrete for rural environments is suitable and congruent with standard concrete, promoting a cost reduction in the budget of a work and ensuring an adequate destination for this waste , that is, the sludge derived from paint sludge incorporated in the production of concrete is satisfactory and sustainable.

Keywords: Concrete. Sludge. Construction. Economy. Sustainability

1 INTRODUÇÃO

Com a elevação do impacto das ações do homem sob a natureza, a gestão ambiental tornou-se assunto primordial nos dias atuais, o que infere-se diretamente na construção civil, que tenta cada dia mais se inovar, em busca de soluções que minimizem a alta demanda de matérias primas, consequentemente, evitando sua possível escassez. Apesar da abundância de areia de maneira geral, como por exemplo em praias e dunas, nem todas são adequadas para aplicação na indústria, por outro lado, observa-se o desperdício do lodo de tinta e seu descarte incorreto, o que acarreta no possível potencial da substituição parcial da areia por lodo em concretagem, para fins ambientais, como também, para diminuição de custos para os empresários, visto que, estão pegando materiais descartados e colocando no lugar de materiais de valor no mercado. Com isso, ressalta-se a importância desta pesquisa nesse campo de visão,

onde, através da execução de ensaios, possibilitou a análise de resistência, absorção e abatimento do concreto para ambiente rural com substituição de 5% do agregado miúdo por lodo. Espera-se que os resultados obtidos nos testes sejam: No Slump, abatimento de no máximo 160mm, na Resistência à compressão espera-se obter a resistência de 20 MPA e no ensaio de Absorção, máxima de 10%. A partir disso, se o resultado for positivo, entra-se no mercado um produto inovador, a favor da sustentabilidade e com o custo menor do que o normal para os construtores.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

> Em 100 anos, o concreto superou todos os limites e fronteiras do conhecimento em Engenharia de projeto e de construção. Trata-se do mais novo material de construção estrutural descoberto pela Engenharia, o qual ainda se encontra em franca evolução, não sendo possível prever seu futuro e nem definir seus limites. (HELENE e ANDRADE, 2007).

"A história recente tem demonstrado que ainda vale a pena pesquisar, projetar, construir, sempre buscando tirar mais proveito desse versátil material de construção, explorando seu elevado desempenho e usando-o corretamente sob o ponto de vista da proteção ambiental e da sustentabilidade." (HELENE e ANDRADE, 2007).

> O concreto de Cimento Portland deve conter cimento, água e agregados, além da possibilidade de contar com aditivos, pigmentos, fibras, agregados especiais e adições minerais, cujos empregos tornam-se cada vez mais frequentes nos concretos atuais. A proporção entre os diversos constituintes é buscada pela tecnologia do concreto, para atender simultaneamente as propriedades mecânicas, físicas e de durabilidade requeridas para o concreto. (HELENE e ANDRADE, 2007).

"Os engenheiros devem ter o conhecimento de que a durabilidade, a resistência à compressão, a relação água/cimento, o consumo de cimento e o abatimento do concreto têm uma interdependência entre si, ou seja, um parâmetro não pode estar totalmente dissociado do outro." (HELENE e ANDRADE, 2007).

> É um material composto confeccionado a partir da mistura de cimento, agregado miúdo, agregado graúdo e água. É dividido em classificações, concretos convencionais e concretos de alta resistência. Esta classificação é, geralmente, dada em função de sua resistência à compressão e da sua dosagem. Se for possível a obtenção de uma alta resistência a partir apenas da variação da relação água/cimento, ainda é considerado como concreto convencional, e se a obtenção desta alta resistência é feita a partir da incorporação de aditivos

> especiais ou de adições ativas, tem–se então a classificação de um concreto de alta resistência e desempenho. (RECENA, 2015).
> O material concreto possui duas fases distintas, sendo que a primeira fase, denominada de concreto fresco, compreende um período de tempo muito curto, em geral da ordem de 1h a 5h. Essa fase refere-se ao intervalo de tempo necessário para que o concreto possa ser misturado, transportado, lançado e adensado. A segunda fase, denominada de concreto endurecido, inicia-se com a hidratação do cimento e consequentemente endurecimento do concreto, estendendo-se por toda a vida da estrutura. (HELENE e ANDRADE, 2007).

"Um dos principais fatores que influenciam na durabilidade e resistência de uma estrutura de concreto são a correta execução da estrutura, o controle tecnológico dos materiais empregados na mistura e o estudo da dosagem." (YAZIGI, 2008)

Segundo Paulo Helene e Tibério Andrade (2007):

> O uso de aditivos plastificantes e/ou superplastificantes, que acarreta numa mudança da reologia da pasta, tornando-a mais fluída, possibilita a redução do volume de pasta no concreto, mantendo o mesmo abatimento. O emprego de agregados com formas de partículas, granulometria e textura que possam levar a um menor atrito interno da mistura, também permite reduzir o volume de pasta do concreto, mantendo o mesmo abatimento, sem alterar significativamente as propriedades do concreto endurecido.
> Cerca de ¾ do volume do concreto é composto por agregados, sendo eles, agregado graúdo e agregado miúdo. Levando isso em conta, a qualidade do agregado é de grande importância para o resultado final do concreto. A baixa qualidade dos mesmos pode afetar significativamente a durabilidade e resistência estrutural do concreto. (NEVILLE, 2016).

"Para se projetar estruturas de concreto armado, o engenheiro projetista/ calculista estipula uma resistência característica à compressão, que é definida como valor de referência e adotada como base de cálculo, a qual está associada a um nível de confiança de 95%." (HELENE e ANDRADE, 2007).

> Por muito tempo pensou-se que os agregados eram materiais inertes, com baixo custo, que estavam esparramados na pasta de cimento com o intuito de produzir um grande volume de concreto. Na verdade, eles não são totalmente inertes, já que suas propriedades físicas, térmicas e muitas vezes químicas influenciam no desempenho do concreto, melhorando a sua estabilidade dimensional e durabilidade em relação às da própria pasta de cimento. Do ponto de vista financeiro, é lucrativo utilizar a maior quantidade possível de agregados e a menor quantidade fazível de cimento, no entanto, deve ser levada em consideração as propriedades desejadas do concreto, tanto no estado fresco, quanto endurecido. (NEVILLE e BROOKS, 2013).
> A qualidade potencial do concreto depende da relação água/cimento e do grau de hidratação. São esses os dois principais parâmetros que regem as propriedades de absorção capilar da água, de permeabilidade por gradiente de pressão de água ou de gases, de difusividade da água ou dos gases, de migração elétrica de íons, assim como, todas as propriedades mecânicas, tais como:

> módulo de elasticidade, resistência à compressão, à tração, fluência, relaxação, abrasão e outras. (HELENE e ANDRADE, 2007).

"Os concretos estruturais devem atender às classes do grupo I, indicadas na NBR 8953 (ABNT, 1992), a saber: C15, C20, C25, C30, C35, C40, C45, C50. Os números indicadores da classe representam a resistência característica à compressão especificada para a idade de 28 dias, em MPA." (NBR 6118, ABNT 2003).

> Na mistura do concreto, o Cimento Portland, juntamente com a água, forma uma pasta mais ou menos fluida, dependendo do percentual de água adicionado. Essa pasta envolve as partículas de agregados com diversas dimensões para produzir um material, que, nas primeiras horas, apresenta-se em um estado capaz de ser moldado em fôrmas das mais variadas formas geométricas. Com o tempo, a mistura endurece pela reação irreversível da água com o cimento, adquirindo resistência mecânica capaz de torná-lo um material de excelente desempenho estrutural, sob os mais diversos ambientes de exposição. (HELENE e ANDRADE, 2007).

"Uma das principais características do concreto que determina a sua aptidão para ser manuseado é a sua consistência, que, na tecnologia do concreto, pode ser definida como a maior ou menor capacidade do concreto de se deformar sob a ação da sua própria massa." (HELENE e ANDRADE, 2007).

2.1. LODO

"A incorporação do lodo na fabricação do concreto favorece a construção civil e o ambiente devido à diminuição da quantidade de resíduo lançada no ambiente e da extração de matéria-prima, reduzindo impactos ambientais." (TAFAREL e MACIOSKI, 2016).

> Com a superpopulação mundial, aumenta consequentemente a poluição, afetando diretamente a qualidade da água dos mananciais, exigindo assim, concentrações de produtos químicos cada vez maiores para o tratamento da água bruta. A consequência desse fato é o aumento da geração de lodo de ETA, resíduo oriundo do processo de tratamento da água (DEZEN, 2015).

"A Lei 12.305/2010 define resíduos e rejeitos, sendo o primeiro passível de ser reutilizado e reciclado. O lodo do ETA se enquadra como resíduos sólidos e, portanto, precisa ser gerenciado de tal forma a garantir as premissas da Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS" (ACHON, 2015, p. 2).

O descarte em aterros sanitários e sua incineração não são os mais adequados, pois mesmo após a queima é gerado cinzas com metais pesados e compostos orgânicos. Contudo, tem sido uma prática realizada principalmente por países desenvolvidos e com extensão territorial baixa, devido essa queima reduzir em até 85% do volume de massa. (FONTES, 2016).

O lançamento do lodo diretamente nos corpos d'água pode introduzir toxicidade aos organismos aquáticos e comprometer a qualidade das águas e sedimentos destes ambientes, além de conterem metais como ferro, alumínio, manganês e outros metais pesados, apresentam altas concentrações de sólidos, turbidez e demanda química de oxigênio (DBO). Estes são fatores que podem causar a formação de bancos de lodo, assoreamento, alterações de cor, além de distúrbios na composição química e biológica do corpo receptor. (JANUÁRIO, 2005).

O Brasil foi um dos pioneiros na reutilização do lodo de esgoto como matéria-prima na produção de agregado leve por meio de um processo cerâmico. Em 1974, iniciou-se a pesquisa nacional sobre como poderia ser reaproveitado o lodo de esgoto como material de construção, em que a Sabesp solicitou ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) um estudo mais aprofundado sobre o assunto. Eles conseguiram obter, a partir de lodo digerido, um material que, após britagem, era classificado dentro das especificações de agregado leve para fins de construção civil, com emprego em estruturas de concreto, isolamento térmico, enchimento de vazios, pré-fabricação de edifícios e blocos para alvenaria e pisos (Santos et al., 2004).

Em pesquisa realizada por Sales e Cordeiro (2001) foram utilizados os rejeitos do lodo de ETA's com os resíduos de construção civil para estudar formas de utilização como agregado em argamassa e concreto, podendo ser aplicados em concreto de contrapiso, argamassa de assentamento não estrutural e blocos de concreto não estrutural. Os experimentos foram realizados com resíduos resultantes de três estações, situadas nas cidades de São Carlos, Araraquara e Rio Claro, onde as vazões de lodo são aproximadas. O entulho foi coletado na região de São Carlos e separado em resíduos de material cerâmico (proveniente de restos de telhas, blocos e lajotas cerâmicas) e de material proveniente de argamassas e concretos endurecidos. O entulho foi moído, até atingir granulometria condizente com as aplicações propostas. Como agregado miúdo utilizou-se a areia de rio classificada como média, e para o agregado graúdo, a brita número 1 com dimensão máxima de 19 milímetros. Esses materiais foram misturados ao cimento Portland. Foram utilizados traços usuais às aplicações não estruturais de argamassas e concretos, sendo 1:3 e 1:2:3 em massa para argamassa e concreto, respectivamente. Foram realizados ensaios de resistência à compressão e à absorção conforme a normalização utilizada para argamassas e concretos, buscando-se comparar os valores obtidos com os valores de argamassas e concretos compostos de agregados naturais sem adições. O melhor resultado em termo de resistência foi com a adição de 3% de lodo com agregado miúdo natural que possibilitou a obtenção de concretos com características mecânicas similares às do concreto usual. A substituição dos agregados naturais por reciclados de entulho de concreto permitiu um ganho de resistência significativo. Com isso é possível definir que é viável a utilização de resíduos sólidos de ETA's em conjunto com agregados reciclados de entulho em matrizes de argamassa e concreto em diversas aplicações na construção civil (Maciel et al).

Costa (2011) desenvolveu um estudo para utilizar o lodo proveniente da ETA Mirassol como agregado miúdo na confecção de concreto para recompor calçadas. Devido ao fato de a ETA Mirassol ainda não dispor de um plano de gerenciamento dos resíduos de seu tratamento, como metodologia de secagem das amostras de lodo, optou-se pela simulação de lagoa de lodo fora de escala

em que o lodo ficou exposto ao sol durante períodos diferentes de 15 e 30 dias. A primeira amostra mais seca foi utilizada nos ensaios de lixiviação e solubilização e a segunda nos ensaios nos ensaios envolvendo o concreto. Foram realizados ensaios de lixiviação e solubilização com o objetivo de classificar o lodo de acordo com a ABNT NBR 10.0004/2004 os quais, resultaram em excesso nos teores de cádmio, chumbo e, principalmente, de manganês, cerca de 400 vezes maior que o permitido. Por conta disso, o lodo pode ser classificado como um resíduo classe II A, ou seja, não perigoso e não inerte. Voltando a atenção para o concreto de calçada, verificou-se que não existem normas ou padrões que determinem a maneira adequada de executá-lo. Desta forma, optou-se por simular a confecção do concreto realizada no dia-a-dia pelos pedreiros, compreendendo o traço 1:2:3 (cimento: areia: brita) em massa e com o acompanhamento visual da sua trabalhabilidade. A análise de viabilidade da utilização do lodo como agregado foi realizada com base nos ensaios de compressão axial e compressão axial e compressão diametral. Estes ensaios demonstraram que para os traços que utilizem 5%, 10% e 20% de lodo foram obtidas resistências à compressão axial superiores à meta de 15 Mpa o que foi considerado bastante satisfatório uma vez que são recomendados para calçadas valores de 10 Mpa. Já para ensaios de tração, não há referências, mas pode-se constatar que a utilização do lodo como composto com areia como agregado miúdo interfere sensivelmente nos resultados, sendo que a utilização do lodo de ETA Mirassol em concretos para recomposição de calçadas é viável nas porcentagens até 10%, para minimizar os efeitos de redução nas resistências, principalmente à tração (Maciel et al).

3 METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada no laboratório de Engenharia Civil do UNI-RN e o resíduo Lodo foi cedido pela empresa BQMIL. Para atingir os propósitos desta pesquisa, o processo metodológico foi realizado com base em ensaios experimentais, classificando-a como pesquisa experimental, de natureza aplicada e de abordagem quantitativa. Assim, foram analisadas amostras com substituição de 5% de areia por lodo.

3.1. CONFECÇÃO DOS CONCRETOS

Os corpos de prova foram feitos de acordo com o traço 1:2,2:3,9:0,68, ou seja, para cada 1 kg de cimento, 2,2 kg de areia grossa, 3,9 kg de Brita 19 e 0,68 L de água. Para a quantia de 15 CP's foi preciso para a amostra de 5%, 13 kg de cimento, 1,43 kg de lodo, 27,17 kg de areia grossa, 50,7 kg de brita e 8,8L de água. O lodo deve ser peneirado na peneira de 1,18mm, a fim de quebrar torrões e afinar o resíduo, que às vezes por ficar muito tempo guardado pode endurecer. Com o auxílio da Betoneira, mistura-se os componentes, inserindo primeiro a brita e ⅓ da água, posteriormente a areia grossa, o

Lodo e mais ⅓ da água e por fim, o cimento e ⅓ do total da água, com o tempo de 5min para cada etapa.

Tabela 2: Traço com 5% de substituição

MATERIAIS	TRAÇO BASE	TRAÇO MODIFICADO
CIMENTO	1 Kg	1 Kg
AREIA	2,2 Kg	2,09 Kg
LODO	-	0,11 Kg
BRITA	3,9 Kg	3,9 Kg
ÁGUA	0,68 L	0,68 L

Fonte: Autoria própria, (2023)

Imagens 1 e 2: Peneiramento do Lodo

Fonte: Autoria própria, (2023)

Imagens 3 e 4: Transferência dos componentes para betoneira

Fonte: Autoria própria, (2023)

Imagem 5: Concreto confeccionado

Fonte: Autoria própria, (2023)

3.2. SLUMP - ABATIMENTO

Seguindo a NBR 16889 - Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, (ABNT, 2020). Após umedecimento da placa metálica e do molde metálico, com formato do tronco de cone oco, com as dimensões: 20cm de diâmetro da base inferior, 10cm de diâmetro da base superior e 30cm de altura, coloca-se o molde sob a placa e o enche com o concreto confeccionado, dividindo-o em três camadas, sendo compactadas com uma haste metálica em 25 golpes em cada. Com isso, retira-se o molde cuidadosamente e imediatamente mede-se o abatimento do concreto, determinando a diferença entre a altura do molde e a altura média do corpo-de-prova desmoldado.

Imagens 6 e 7: Preenchimento e retirada do molde (Slump)

Fonte: Autoria própria, (2023)

3.3. MOLDAGEM DOS CORPOS DE PROVA

A moldagem é feita de acordo com a NBR 5738 - Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova, (ABNT, 2015). Utilizando moldes de dimensões 10x20, aplica-se desmoldante e preenche-o com o concreto em duas camadas, de modo a compactá-lo com uma haste metálica, em 25 golpes manualmente em cada. Finaliza com o nivelamento do corpo de prova e após 24hrs, faz a desmoldagem.

Imagens 8 e 9: Moldagem dos CP's

Fonte: Autoria própria, (2023)

3.4. ABSORÇÃO DE ÁGUA

O ensaio é feito seguindo a NBR 9778 - Argamassa e Concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica, (ABNT, 2009). Com os corpos de prova desmoldados, anota-se o peso seco, com o auxílio de uma balança e insere todos em um tanque com água, onde em, no mínimo, 48hrs, verifica-se o peso saturado. Assim, calcula-se a absorção de acordo com a seguinte equação:

$$\frac{(Psat - Psec)}{Psec} \times 100\%$$

Onde:

Psat = peso saturado

Psec = peso seco

Para ser aprovado, é necessário que o concreto apresente uma porcentagem de no máximo 10% de absorção de água.

Imagens 10 e 11: CP's no tanque

Fonte: Autoria própria, (2023)

Imagem 12: Corpo de prova seco sendo pesado

Fonte: Autoria própria, (2023)

3.5. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

O ensaio é realizado a partir da NBR 5739 - Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos, (ABNT, 1994). Após a cura de 28 dias no tanque, retira os CP´ s da água e deixa secando ao ar livre. Posteriormente, começa o rompimento na prensa hidráulica, os resultados foram obtidos em KgF, assim, é realizado o seguinte cálculo:

$$T = \frac{F \times 1000}{A} \times 0{,}0980665$$

Onde:

T= tensão (MPA);

F= força (KgF);

A= área (cm^2).

Para o concreto ser aprovado é preciso obter uma resistência de 20 MPA.

Imagem 13: Rompimento do CP

Fonte: Autoria própria, (2023)

4 RESULTADOS

4.1. CONSISTÊNCIA

A consistência do concreto é classificada de acordo com a NBR 8953 - Concreto para fins estruturais — Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência, (ABNT, 2015). O abatimento obtido na amostra com 5% de substituição de areia grossa por lodo de tinta foi de 60mm, sendo classificado como concreto S50.

Imagens 14 e 15: Abatimento da amostra

Fonte: Autoria própria, (2023)

4.2. RESISTÊNCIA E ABSORÇÃO

O concreto é classificado quanto a sua resistência de acordo com a NBR 8953 - Concreto para fins estruturais — Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência, (ABNT, 2015). Já sua absorção deve ter máxima de 10%.

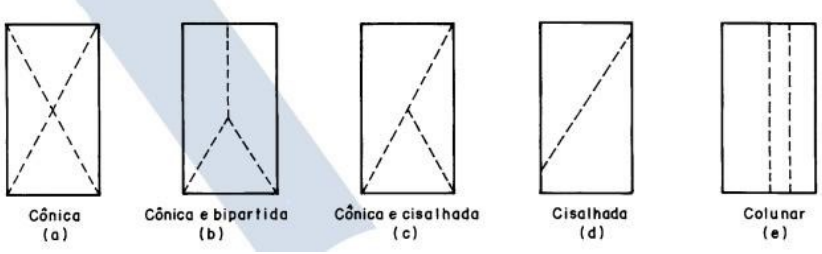
Corpo de Prova	KgF	Peso Seco (Kg)	Peso saturado (Kg)	Absorção	Resistência (MPA)

1	14,13	3,873	3,928	1,42%	17,65
2	16,36	3,757	3,813	1,49%	20,44
3	17,85	3,790	3,843	1,40%	22,3
4	15,37	3,764	3,823	1,57%	19,2
5	13,45	3,872	3,929	1,47%	16,8
6	14,82	3,755	3,805	1,33%	18,5
7	16,67	3,694	3,744	1,35%	20,82
8	19,37	3,717	3,768	1,37%	24,2
9	12,21	3,841	3,903	1,61%	15,25
10	17,82	3,761	3,824	1,67%	22,26
11	17,32	3,721	3,774	1,42%	21,63
12	18,81	3,773	3,830	1,51%	23,5
13	17,98	3,845	3,902	1,48%	22,46
14	14,27	3,718	3,773	1,48%	17,82
15	15,63	3,693	3,755	1,68%	19,52
MÉDIA DE ABSORÇÃO E RESISTÊNCIA				**1,48%**	**20,16 MPA**

4.3. TIPO DE RUPTURA

O tipo de ruptura é definido a partir da NBR 5739 (ABNT, 1994). Com isso, após o ensaio de resistência à compressão, verifica-se a ruptura obtida nos corpos de prova.

Imagem 16: Esboço dos tipos de ruptura



Fonte: NBR 5739. ABNT, 1994

Observou-se que os tipos de ruptura mais frequentes foram Colunar e Cisalhada.

Imagem 17 e 18: Ruptura Colunar

Fonte: Autoria própria, (2023)

Imagem 19 e 20: Ruptura Cisalhada

Fonte: Autoria própria, (2023)

Na pesquisa de custo, um saco de 20 kg de areia grossa custa em média R$5,50, onde é capaz de produzir 9 traços de concreto para ambiente rural, essa mesma quantidade de traços com a substituição de 5% por lodo, necessitará de 18,81 kg de areia, custando R$5,18, ou seja, promoveu economia de 5,82%.

5 CONCLUSÃO

Verificou-se que os resultados obtidos, através dos ensaios de consistência, absorção e resistência no concreto com substituição de 5% do agregado miúdo por lodo de tinta, resíduo este que foi fornecido pela empresa BQMIL, foram positivos, pois o abatimento da amostra foi de 60mm, sendo classificado como concreto S50, ideal para aplicação em alguns tipos de pavimento e em elementos de fundações, já com relação à absorção de água, obteve média de 1,48% de absorção nas amostras, assim, sendo aprovadas, visto que, a porcentagem de absorção máxima estabelecida para o ensaio era de 10% e o ensaio de resistência à compressão o valor estabelecido era de 20 MPA, meta essa que foi atingida com média de 20,16 MPA, atingindo resistência para concreto estrutural de agressividade 1 (fraca): ideal para o meio rural. Portanto, conclui-se que os objetivos desta pesquisa foram atingidos, posto que, o concreto com substituição obteve eficácia em ambos os resultados pré-estabelecidos, consequentemente, sendo congruente com o concreto padrão. Assim é possível alcançar redução de 5,82% no orçamento de areia grossa e diminuição do impacto ambiental promovido pela construção civil com a reutilização do resíduo lodo, deste modo, garantindo um destino adequado para este aditivo.

REFERÊNCIAS

Achon, Cali Laguna. **Destinação e Disposição Final de Lodo Gerado em ETA** - LEI 12.305/2010. Poços de Caldas: Assembleia Nacional da Assemae, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118:2003. **Projeto e execução de obras de concreto armado**. Rio Janeiro; ABNT, 2003.

____. NBR 8953 **- Concreto para fins estruturais** - Classificação por grupos de resistência. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

____. NBR 10004 - **Resíduos sólidos** - Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

____. NBR 16889 - **Concret**o - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

____. NBR 5738 - **Concret**o - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

____. NBR 9778 - **Argamassa e Concreto endurecidos** - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rui de Janeiro: ABNT, 2009.

____. NBR 5739 - **Concreto** - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

DEZEN, Bianca Gabriel dos Santos. **Adição de lodo de eta in natura e calcinado na produção de concretos**, 2015.

FONTES, Cintia M. A; TOLEDO Filho, R. D; CLÁUDIA, Barbosa, M. C. **Cinza de lodo de esgoto (CLE) em concretos de alto desempenho**: caracterização e aplicação. Revista Ibracon de Estruturas e Materiais. Bahia, v9, p. 989-1006, dez. 2016.

HELENE, Paulo; ANDRADE, Tibério. **Concreto de Cimento Portland**. Cap.27. In: ISAIA, G. C. (Ed.). Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais. São Paulo: IBRACON, 2007.

JANUÁRIO, G. F. **Planejamento e aspectos ambientais envolvidos na disposição final das Estações de Tratamento de Àgua da região metropolitana de São Paulo**. 2005. 222f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Sanitária) - Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

Maciel, Patricia Rocha; MACHADO, Lygia Ravanelli. **Alternativas para a utilização de lodo das estações de tratamento de água (eta) como agregado na construção civil**. São Paulo.

MEHTA, Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M. Concreto – **Microestruturas, Propriedades e Materiais**. 1. Ed. São Paulo: Ibracon, 2014.

NEVILLE A. M. BROOKS, J. J. **Tecnologia do Concreto**. Tradução: Ruy Alberto Cremonimi. 2. ed. Porto Alegre, Bookman, 2013.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto**. Tradução: Ruy A. Cremonimi. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.

RECENA, Fernando Antonio Piazza. **Dosagem e controle da qualidade de concretos convencionais de cimento Portland**. 1. ed. Porto Alegre, EDIPUCRS, 2015.

Santos, A. D.; John, V. M.; Coelho, A. C. V. Reciclagem do lodo de esgoto: uma alternativa de gestão. **Anais do X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, São Paulo, 2004.

TAFAREL, N. F.; MACIOSKI, G.; CARVALHO, K. Q.; NAGALLI, A. FREITAS, D. C., PASSIG, F. H. **Avaliação das pr**opriedades do concreto devido à incorporação de lodo de estação de tratamento de água. 2016

YAZIGI, Walid. **A técnica de edificar.** 9. ed. São Paulo: Pini: SINDUSCON, 2008.