

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE GOIÁS - Uni-ANHANGUERA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DO CONCRETO ESTRUTURAL COM
SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO POR PÓ DE SERRA**

**MATHEUS MACHADO MENDES DOS SANTOS
PABLO LIMA CARVALHO**

GOIÂNIA
Novembro/2019

**MATHEUS MACHADO MENDES DOS SANTOS
PABLO LIMA CARVALHO**

**ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DO CONCRETO ESTRUTURAL COM
SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO POR PÓ DE SERRA**

Trabalho Final de CursoII apresentado ao Centro
Universitário de Goiás – Uni-ANHANGUERA, sob
orientação do Professor Mestre Luiz Frederico de
Souza Fleury, como requisito parcial para obtenção do
título de bacharel em engenharia civil.

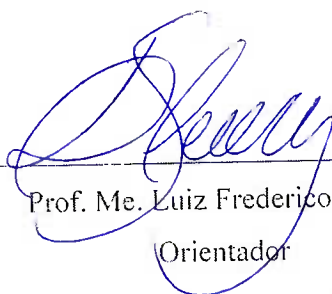
GOIÂNIA
Novembro/2019

FOLHA DE APROVAÇÃO

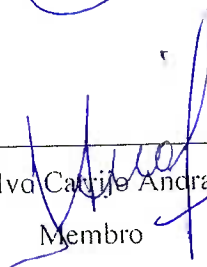
MATHEUS MACHADO MENDES DOS SANTOS
PABLO LIMA CARVALHO

ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DO CONCRETO ESTRUTURAL COM SUBSTITUIÇÃO
PARCIAL DO CIMENTO POR PÓ DE SERRA

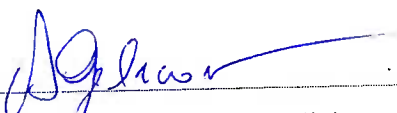
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora como requisito parcial para obtenção do Bacharelado em Engenharia Civil do Centro Universitário de Goiás - Uni-ANHANGUERA, defendido e aprovado em 20 de novembro de 2019 pela banca examinadora constituída por:



Prof. Me. Luiz Frederico Fleury
Orientador



Prof. Me. Ivo Cavijê Andrade Neto
Membro



Prof. Me. Aurélio Caetano Feliciano
Membro

RESUMO

O aproveitamento do pó de serra de madeira no concreto é uma alternativa capaz de reduzir impactos ambientais, reduzindo o consumo de cimento no preparo do concreto e oferecendo um destino final adequado para o pó de serra. As fibras vegetais apresentam algumas características relevantes como, parâmetro de elasticidade, resistência à tração, maior resistência ao impacto e absorção de energia, tornando assim interessante sua aplicação no setor de conforto como isolante termo acústico. O objetivo deste trabalho é avaliar a resistência à compressão do concreto estrutural produzido com substituição parcial do cimento por pó de serra, um resíduo orgânico, diminuindo assim a utilização de materiais, com origens que agridem o meio ambiente, na composição do concreto. Para tanto, foi realizada análise experimental com a produção de três traços distintos de concreto, com adição de pó de serra moído com tempo controlado, nas proporções de 1%, 2,5% e 5% da massa do cimento. Os corpos de prova moldados para esses traços tiveram sua resistência à compressão determinada por ensaio de ruptura em prensa elétrica nas idades de 1, 7, 14, 28 e 90 dias, e posteriormente comparados com um traço de um concreto convencional paradigma sem adição, com resistência característica à compressão de 25 MPa. Após a incorporação da serragem verificou-se uma redução significativa massa específica do concreto, com uma queda de até 20%, e, como consequência, uma diminuição aproximadamente linear na resistência à compressão axial. Considerando que a incorporação do pó de serra representou um volume significativo no traço. Os estudos apontam que sua diminuição pode levar a uma viabilidade do seu uso em concretos estruturais.

PALAVRAS-CHAVE: Pó de serra. Cimento. Resistência a compressão.

1. INTRODUÇÃO

A construção civil é um dos maiores setores industriais responsáveis por gerar grandes números de empregos, diretos e indiretos, buscando também o título de sustentável, quebrando paradigmas em relação a sua cadeia produtiva que agride o meio ambiente. De acordo com Ortega (2014), a construção civil, além de consumir grandes recursos naturais, é um grande gerador de resíduos que precisam ser gerenciados e controlados e, se possível, reutilizados, sendo hoje uma grande tendência em diversos setores do ambiente construtivo.

Para que uma construção seja sustentável ela deve atender alguns requisitos e princípios básicos, como é citado pelo autor Corrêa (2009), que são a adequação ambiental, viabilidade econômica, justiça social e aceitação cultural, além de se adequar com a ecoeficiência do processo, que envolve a escolha de matérias-primas para ser empregada no ambiente construtivo, visando à diminuição de danos ambientais sejam eles diretos ou indiretos.

O crescimento da construção civil, principalmente em países em desenvolvimento, está correlacionado com o consumo de concreto que, segundo Ortega (2014), é o principal componente utilizado nas construções, por apresentar algumas vantagens em relação ao aço e madeira, como facilidade de aplicação, moldagem e sua resistência a água.

O cimento, principal componente do concreto, é o produto que mais agride o meio ambiente ao longo de sua cadeia de produção. Segundo Pereira et al. (2013), é um aglomerante hidráulico que é obtido através da pulverização de clínquer depois de um longo processo e é o segundo elemento mais consumido no mundo. A produção do cimento é bastante agressiva, que vai da extração de rochas calcárias até a sua queima em conjunto com argila, onde os autores Dias, Silva e Poggiali (2017) atestam que, esse processo para a produção de clínquer, é responsável por gerar toneladas de CO₂.

Os demais componentes do concreto, como o agregado miúdo (areia) e o agregado graúdo (brita), tem também papel fundamental na composição do concreto, com a função de transmitir tensões aplicadas e reduzir as variações volumétricas, como é citado pelo autor Martins (2008). Entretanto, a extração destes materiais é prejudicial ao meio ambiente, causando danos irreversíveis, como a modificação do perfil dos rios e alteração e desestabilização da paisagem.

Com todas essas questões ambientalmente negativas para a extração dos elementos que compõe o concreto e visando diminuir o consumo desses minerais, surge-se o emprego de

concretos sustentáveis, que consiste na substituição parcial, ou total, do aglomerante ou dos agregados por materiais complementares, como é o caso das fibras vegetais.

Nas últimas décadas algumas pesquisas têm sido realizadas avaliando a viabilidade da adição de fibras vegetais no concreto para uso na construção civil. Dantas Filho (2004), afirma que estudos sobre concretos desenvolvidos com esses materiais no Brasil tiveram início na década de oitenta, tornando o país referência neste seguimento, utilizando fibras vegetais como sisal, piaçava, coco, bambu e cana-de-açúcar, para reforço do compósito cimentício.

O pó de serra de madeira, também conhecido como serragem, já vem sendo objeto de pesquisas por alguns autores, como Zanin et al. (2002), que apresentam estudos sobre o composto solo-cimento-serragem, que através de ensaios de compressão simples e atendendo às normas regentes da construção civil, obtiveram resultados que os permitiram utilizar o seu composto na confecção de casas de baixa renda.

Por outro lado, são poucos os estudos referentes à redução do cimento e incorporação de fibras vegetais, como o pó de serra, demonstrando assim a dificuldade desse procedimento. Nas substituições que já foram realizadas tratavam de analisar a atividade pozolânica e por materiais vítreos, testando sua resistência à compressão que obtiveram bons resultados. Esses compostos, por terem propriedades próximas ao do cimento, tornam-se mais fácil sua interação com o aglomerante, fornecendo assim resultados satisfatórios.

Segundo Dantas Filho (2004), as fibras vegetais têm baixo parâmetro de elasticidade e apresenta um bom resultado referente à resistência à tração, além de sua maior resistência ao impacto, que é causada por absorção de energia, aumentando assim sua utilização no setor de conforto como isolante termo acústico.

As fibras vegetais, apesar de inertes na composição do concreto, sem demonstrar reações com o aglomerante na fase de endurecimento, por serem um material sujeito à degradação, despertam a necessidade de alguns cuidados quando utilizadas como adição. Dantas Filho (2004) cita a necessidade de melhorar a compatibilidade entre a fibra vegetal e o aglomerante através da redução da alcalinidade, além de tratar com bastante cuidado a relação água-cimento, devido à média de absorção da serragem atingir 26,6% da água do traço.

O que torna viável o desenvolvimento da pesquisa e a quantidade de resíduo gerado pela indústria madeireira. De acordo com Wiecheteck (2009), a indústria madeireira é grande geradora de resíduos, que são classificados como industriais e urbanos, mas o que tornam eles nocivos ambientais são as suas baixas taxas de reaproveitamento.

De acordo com os dados levantados por Schneider et al. (2012), em 2009 foram produzidos cerca de 41.565.728 m³ de madeira no Brasil, para serem utilizados nos setores da construção civil, movelaria, construção naval e entre outras. Dentro da indústria madeireira as perdas do produto bruto ultrapassam 80% devido aos diversos processos de produção sofridos pela madeira. Essas empresas, por não apresentarem um planejamento de gerenciamento de seus resíduos, acabam dando a eles destinos inadequados, como lixões a céu aberto, em cursos d'água ou são queimados no pátio da empresa

Na construção civil, a madeira é utilizada nas mais diversas formas, seja como escoramentos, como fôrmas ou como estruturas para telhado, o que acaba gerando uma grande quantidade de resíduos. Nesse sentido, a resolução do CONAMA de nº 307 de 2002, classifica o resíduo da madeira como um resíduo da construção civil de classe B, ou seja, que podem ser reciclados, mas para outras utilizações.

Os resíduos deste setor industrial são gerados de acordo com o manuseio da madeira. Hilliget al. (2006) classifica-os em três tipos: serragem, cepilho e a lenha. A serragem é o único desses resíduos que é encontrada em todas as indústrias do ramo, menos nas laminadoras. Os autores também afirmam que a serragem é o resíduo gerado em maior volume e apenas 40% dela é destinada a geração de energia.

Fagundes (2003) afirma que a serragem, ou o pó de serra, é o resíduo com menor interesse no mercado, devido às impurezas presente no material e suas partículas finas, criando uma resistência em empresas que consomem os resíduos de madeira para gerar energia através da queima. Por sua vez, o descarte da serragem em locais inadequados provoca problemas no solo, pois apesar de ser uma matéria orgânica ela necessita de um tratamento para que possa ser utilizada dessa forma causando assim problemas para o cultivo ou até mesmo na flora local.

Um meio para minimizar o descarte irregular desses resíduos está no desenvolvimento de técnicas adequadas e viáveis para seu emprego como adição em concretos utilizados na construção civil, que acabam assumindo um caráter sustentável quando comparado com suas formas convencionais. De acordo com os autores Maciel et al. (2018), ao substituir parcialmente a serragem pelo agregado miúdo na fabricação do concreto, é possível reduzir custos e impactos ambientais, mantendo-se um padrão técnico aceitável do concreto, desde que não utilizado de forma estrutural.

Por fim, o trabalho tem como propósito analisar o desempenho mecânico do concreto com a substituição parcial do cimento por diferentes proporções do pó de serra, comparando

seu comportamento com um concreto paradigma sem adição, buscando avaliar o traço que irá gerar melhores resultados, constatando a viabilidade técnica do uso do resíduo da indústria madeireira no concreto estrutural.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foi realizado uma análise experimental, no laboratório de tecnologia do sistema construtivo do Centro Universitário de Goiás - Uni-ANHANGUERA, cujo foco principal era a redução parcial do aglomerante, no caso o cimento Portland, e incorporação desse percentual pelo pó de serra nas proporções de 1%; 2,5% e 5% em massa, equivalente respectivamente a 9,26%, 23,51%, 48,26% em volume.

Os ensaios realizados foram separados por etapas, onde no início o objetivo é preparar o pó de serra para que sua granulométrica assemelhe-se à do cimento, seguido de determinação da sua massa específica. Próxima etapa consiste no desenvolvimento do traço do concreto padrão e dos outros (três) traços que incorporarão as proporções gradativas do pó de serra, havendo a redução do cimento seguidas da realização do teste de consistência. Enfim, serão moldados corpos de provas para o teste de resistência à compressão e assim poder realizar a análise comparativa dos diferentes tipos de concreto.

2.1 Moagem e Análise granulométrica

O pó de serra, que foi utilizado nos ensaios, foi obtido através de uma empresa local, que não apresenta planos para descarte do resíduo, deixando exposto no pátio a céu aberto. O resíduo colhido, e proveniente de uma madeira em específico, a madeira Angelim, muito utilizada na construção civil e na indústria moveleira.

O pó de serra, por ser um material granular, e heterogêneo, é conveniente passar por um processo de moagem para que sua dimensão possa se tornar mais próxima do produto a ser substituído, ou seja, o cimento. Para isso, o material foi exposto na estufa por um período de 24 horas, para ser seca e facilitar a quebra das fibras.

A moagem do pó de serra foi realizada utilizando a máquina de abrasão Los Angeles (STMH-3 Los Angeles Splitter Abrasion Testing Machine). A quantidade de material introduzida na máquina de abrasão foi padronizada, cerca de 2 Kg, para que a quantidade não interviesse no desempenho do equipamento e, logo, no resultado. O material passou por um período de 10 minutos de moagem, para que sua dimensão foi reduzida, aumentando a quantidade de matéria passante na peneira de 0,15 mm, sendo este o material utilizado na confecção dos traços.

Após esse procedimento, o material foi peneirado utilizando o jogo de peneiras da série normal, seguindo os critérios de normas, sendo elas a NBR NM 248/2003 (Agregados - Determinação da composição granulométrica) e NBR 7211/2019 (Agregados para concreto – Especificação). Este processo de peneiramento foi repetido até que se obteve a quantidade necessária para o desenvolvimento dos traços de concreto (aproximadamente 2 Kg). Com o resultado foi possível traçar a curva granulométrica, do pó de serra natural e o moído, comparando o resultado de ambas. Na imagem a seguir é possível observar a diferença do pó de serra, logo após passar por todos estes processos.



Figura 1. Comparação entre o pó de serra natural (A) e após sua moagem (B).

2.2 Determinação da massa específica do pó de serra

Após a realização da moagem e peneiramento do pó de serra, foi executado o ensaio para determinação da massa específica da serragem, propriedade essa que indica a massa que determinado material ocupa por unidade de volume. Para isso foram utilizados uma balança de precisão e um frasco de volume conhecido, que foi preenchido com a serragem e pesado, determinando assim a massa específica unitária. Em seguida esse mesmo procedimento foi repetido, mas agora descontando o volume de vazios no interior da amostra, que foi preenchido com água, cujo volume foi descontado no cálculo final, determinando assim a massa específica real, seguindo os parâmetros da NBR NM 52/2009 (Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente).

2.3 Preparo do traço padrão e dos traços com substituição parcial do cimento

Para o preparo do traço foram feitos cálculos para a determinação das respectivas partes dos agregados de acordo com a resistência pretendida, utilizando o método da ABCP, cujos cálculos foram desenvolvidos para um traço de f_{ck} igual a 25 MPa.

Foram determinados o módulo de finura e a massa específica, tanto dos agregados como do próprio pó de serra. Os materiais empregados no cálculo da dosagem e, seguidamente, para o preparo do concreto foram: brita 1, areia média e cimento Portland CP II F 32, da marca Votorantim cimentos. Com isso, se fez possível obter um traço de 1:1,36:2,20 com um fator água/cimento igual a 0,44.

Enfim, realizadas as misturas dos componentes do concreto utilizando uma betoneira, para um melhor processo de homogeneização. Foi feita uma mistura convencional (traço paradigma) e logo em seguida a mistura com a respectiva substituição do cimento, de acordo com a NBR 12655/2006 (Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento – Procedimento) e o método de dosagem ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland) que é uma adaptação do método americano ACI (American Concrete Institute).

2.4 Realização do teste de consistência do concreto (“*Slumptest*”)

A realização desse teste é feita para identificar a consistência do concreto. Sua realização consiste em coletar uma amostra desse concreto, colocá-lo em uma fôrma tipo tronco de cone e realizar o adensamento, medindo a amplitude do abatimento, assim como e descrito na norma NM 67/ 1998 (Concreta - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone).

Por se tratar de um concreto estrutural seu abatimento deverá estar situado dentro da classe S100, ou acima, onde o valor de abatimento está compreendido entre 100 e 160 milímetros (NBR 8953:2015 - Concreto para fins estruturais-classificação pela massa específica, por grupo de resistência e consistência).

A dosagem dos traços utilizados neste trabalho considerou um valor de abatimento de 120 milímetros.

2.5 Moldagem dos corpos de provas

Para esse procedimento foram utilizadas formas cilíndricas metálicas para conter o concreto em seu interior (corpos de prova metálicos com 100 mm de diâmetro e 200 mm de

altura), sem que houvesse deformação do produto, sendo feito de acordo com a norma NBR 5738/2016 (concreto-procedimento para moldagem e cura de corpos de prova). Também foi utilizada a estufa de cura úmida, onde os corpos de prova permaneceram até o momento do ensaio, para que pudesse se obter o melhor desempenho do material estudado.

Foram confeccionados 25 (vinte e cinco) corpos de prova para cada traço estudado, totalizando 100 corpos de prova moldados.

2.6 Ensaio de compressão dos corpos de prova cilíndricos

Após todos os processos serem concluídos, foi executado o teste de compressão dos corpos de prova seguindo as datas de rupturas pré-definidas onde foram rompidos utilizando uma prensa hidráulica. Os corpos de provas moldados foram rompidos nas idades de 1, 7, 14, 28 e 90 dias, tendo sido utilizados 5 (cinco) corpos de prova de cada traço, para cada dia de ensaio.

Os corpos de prova foram preparados e rompidos de acordo com o que se especifica na norma NBR 5739/2018 (Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos), de modo a garantir a qualidade do ensaio empregado. Antes de serem rompidos, os corpos de prova terão a sua base regularizada por um esmerilhadeira e depois serão coletados dados de sua altura e diâmetro utilizando um paquímetro para posteriores cálculos de resistência.



Figura 2. Da esquerda para direita temos os traços: T0, T1, T2,5 e T5.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um fato de grande relevância, e que deve ser levada em conta em nossa análise, e em estudos futuros, é com relação à densidade do pó de serra e do cimento. Em nossos ensaios verifica-se que o pó de serra utilizado, após a moagem, atingiu uma densidade de 327,2 Kg/m³ contra 3000 Kg/m³ do cimento. Logo, em uma análise em volume, o pó de serra apresentou uma proporção bem maior que a de cimento comparado com aquelas apresentadas em massa.

Para que possa-se ampliar estas análises, comparando os percentuais em massa com o volume ocupado pelo material, os traços estudados apresentaram, em volume, as seguintes proporções de adição do pó de serra:

- T1 – 1% em massa representa 9,26% em volume;
- T2,5 – 2,5% em massa representa 23,51% em volume;
- T5 – 5% em massa representa 48,26% em volume.

Percebe-se assim, que a quantidade de serragem incorporada no traço representa cerca de 10 vezes a mais em relação à quantidade de cimento retirado, para qualquer traço analisado, conforme pode ser observado na imagem abaixo.

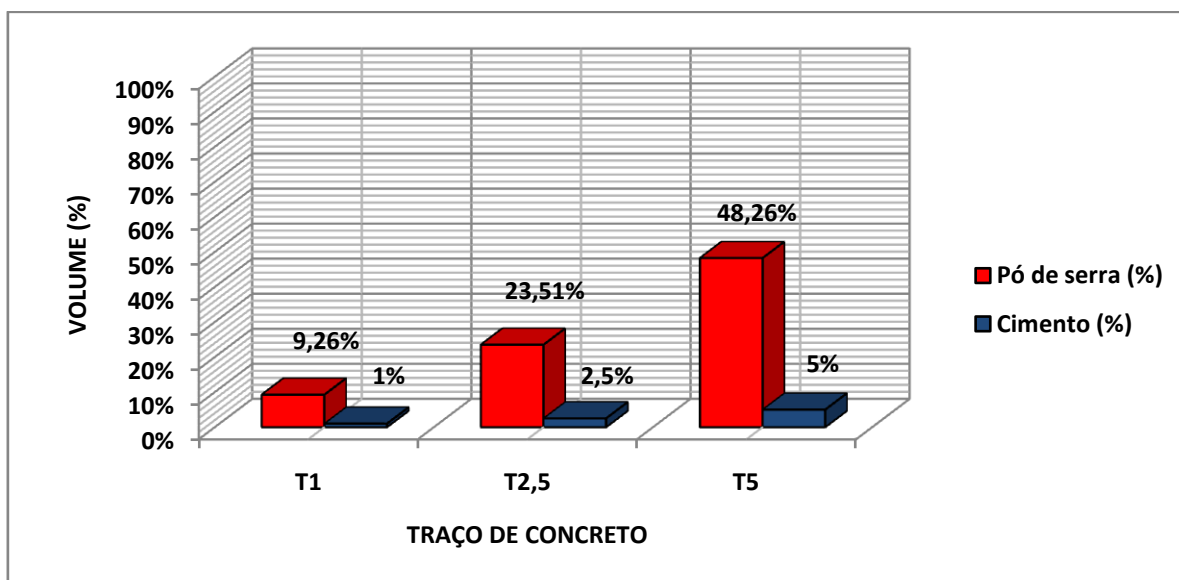


Figura 3. Comparação volumétrica entre a serragem incorporada e o cimento retirado.

Após a realização do ensaio de compressão dos corpos de prova para todos os traços estudados (“T0”, “T1”, “T2,5” e “T5”), com base nas cargas de ruptura determinadas, foi

possível calcular as resistências à compressão para todas as idades, conforme observa-se na tabela abaixo:

Tabela 1 - Valores das resistências à compressão axial por traço e por idade

AMOSTRA	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO - f_{cj} (MPa)				
	1 dia	7 dias	14 dias	28 dias	90 dias
T0 (0% de Pó de Serra)	10,79	24,70	34,51	36,77	40,40
	10,15	29,74	33,02	39,65	37,42
	9,24	29,50	33,34	35,88	31,49
	8,38	27,87	31,94	33,63	40,12
	10,67	31,34	33,19	33,46	40,73
T1 (1% de Pó de Serra)	7,83	21,30	24,73	27,00	24,81
	8,29	20,64	24,91	26,07	27,45
	8,38	15,07	23,18	25,83	27,95
	7,83	17,57	22,70	22,08	29,00
	7,51	21,00	23,08	23,10	27,55
T2,5 (2,5% de Pó de Serra)	3,66	10,23	13,29	13,37	13,55
	3,68	9,95	11,27	11,92	13,29
	3,20	10,76	10,58	12,71	15,31
	3,53	8,98	11,85	12,96	12,04
	3,57	10,88	8,95	10,98	14,17
T5 (5% de Pó de Serra)	0,10	4,04	4,27	5,62	6,25
	0,13	3,36	4,45	5,46	6,06
	0,00	3,98	5,14	5,32	6,10
	0,07	3,74	4,51	5,99	5,68
	0,12	3,20	4,06	5,02	5,73

Para que se possa analisar os resultados de maneira mais clara, foram comparados as médias de resistências para cada idade de ruptura dos traços de concreto acima, estando estes valores expostos no gráfico a seguir:

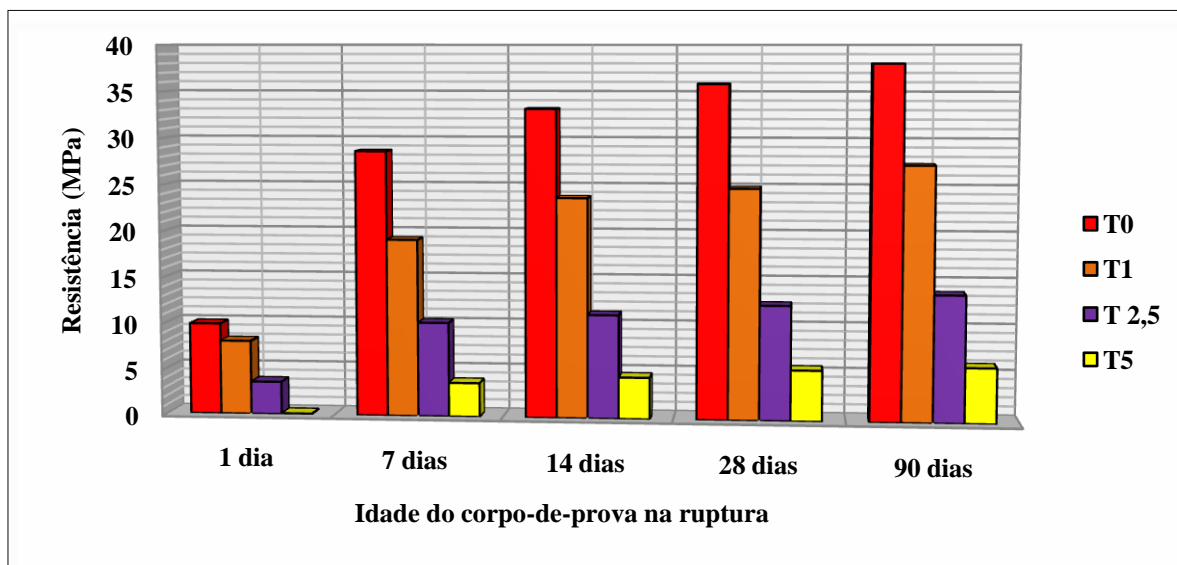


Figura 4. Média dos resultados do ensaio de compressão das amostras de concreto.

Analisando o gráfico pode ser observado, logo de início, que a amostra T5 apresentou os resultados mais baixos entre todos os traços, sendo quase nulo no primeiro dia. Isso ocorre provavelmente pela presença de hemicelulose, amidos, açúcares, taninos, fenóis e ligninas no pó de serra, que acabou alterando o tempo de pega do concreto.

Outra constatação importante é de que este traço T5 apresentou uma grande queda em sua massa específica, se comparado com o T0 (concreto paradigma), sendo classificado como Concreto Leve, conforme especificações da NBR 8953. A Tabela abaixo apresenta a massa específica média dos quatro traços ensaiados.

Tabela 2 - Valores da massa específica dos concretos

Amostra	Massa específica média (Kg/m ³)
T0	2287,2
T1	2262,9
T2,5	2068,3
T5	1899

Para a amostra T2,5, verificou-se uma melhora nos resultados de resistência à compressão comparado com o T5. Entretanto, este traço também não atingiu um f_{cj} próximo ao paradigma e obteve uma queda média de 65,49% (figura 3) da sua resistência em relação ao concreto paradigma. Mesmo não sendo o melhor resultado isso mostra que nesta proporção o concreto não sofre com tanta interferência em seu tempo de pega, uma vez que nos ensaios

de 1 dia, além dos resultados terem sido melhores, ele também apresentava uma consistência e aparência melhor em relação ao T5.

Já o T1 apresentou o melhor resultado dos traços ensaiados, no entanto ainda não atendeu a f_{cj} para qual foi dimensionado. A resistência média à compressão aos 28 dias deste traço ficou em 24,82 MPa e a os 90 dias 27,35 MPa, tendo o menor índice de queda em relação à resistência de dosagem (36,6 MPa), cerca de 32% se compararmos o f_{c28} , e 25% de compararmos o f_{c90} .

Os resultados apresentados pelo T1 obtiveram a menor influência na resistência devido à menor proporção de substituição de cimento pelo pó de serra, mostrando assim que quanto maior for à incorporação de serragem maior serão os danos causados ao concreto. Um dos motivos desta ocorrência é a interferência na relação água cimento devido à absorção proporcionada pela serragem e os danos causados pela presença dos açúcares e componentes orgânicos provenientes das fibras vegetais.

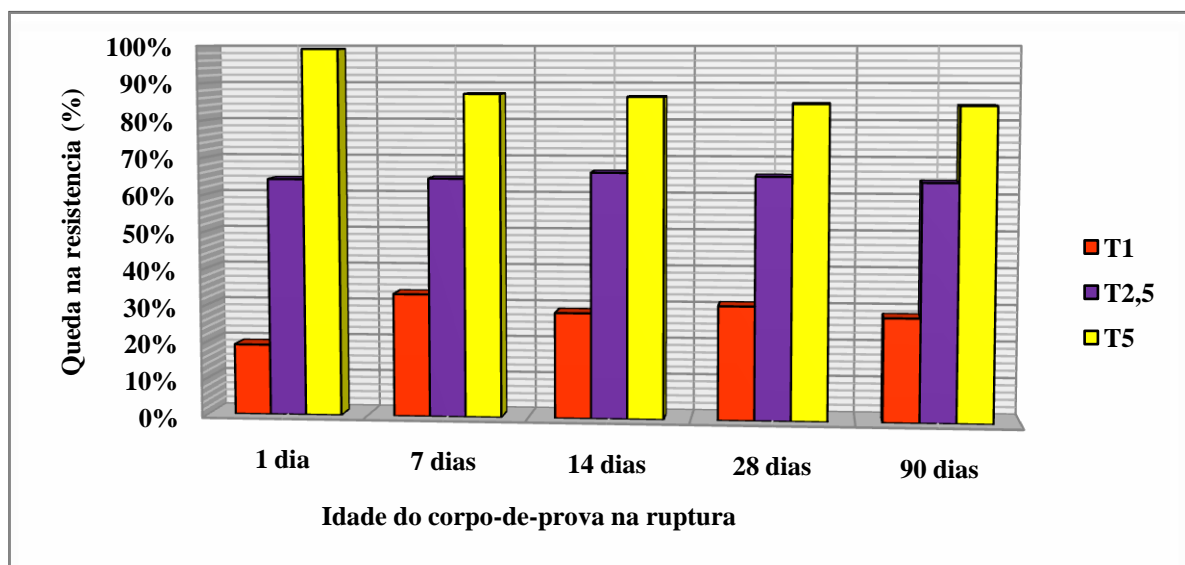


Figura 5. Percentual da queda de resistência do concreto.

4. CONCLUSÕES

Através do estudo realizado nota-se uma possível viabilidade da utilização do pó de serra no concreto estrutural, desde que os estudos venham a ser aprofundados.

No traço que utilizou o acréscimo de pó de serra na proporção de 1% em massa, os resultados apresentados foram os mais satisfatórios, havendo, no entanto, uma queda de mais de 10 MPa na resistência, o que é representativo em comparação ao concreto paradigma.

Vale ressaltar que essa proporção de substituição de 1% em massa, equivale a 9,26% em volume, ou seja, uma quantidade bastante representativa de serragem está sendo incorporada ao traço. É possível então inferir, com base nestas análises, que a redução do percentual em volume levará à obtenção de um concreto com adição de pó de serra com resistência à compressão com valores ainda mais próximo do concreto paradigma.

Com relação à moagem do pó de serra, para se alcançar uma granulometria próxima à do aglomerante, seria de grande valia que em futuros estudos fossem feitos a utilização de equipamentos mais específicos para a função desejada, por exemplo, um Moinho Triturador para Fibras ou um equipamento do gênero no lugar do equipamento Los Angeles (utilizado no experimento). Devido à característica de absorção de energia da serragem, e o fato do equipamento Los Angeles se basear na abrasão, não se tem um bom aproveitamento com relação às fibras no processo de moagem. Mesmo aumentando o tempo do processo no equipamento Los Angeles é mantido a média de material passante na peneira de 0,15 mm, sendo interessante a comparação deste rendimento.

Um fato que seria interessante de se analisar em estudos futuros é referente à taxa de crescimento de resistência a compressão do concreto com adição do pó de serra. Isso pelo fato que o concreto paradigma apresentou um crescimento de 6% entre a idade de 28 há 90 dias, enquanto o T1 e o T2,5 apresentaram um crescimento inesperado de cerca de 10% e o T5 cerca de 8%. Devidos a esse motivo, o concreto com adição do pó de serra pode vir apresentar um crescimento de resistência diferente do que se espera em concretos convencionais devido à anomalia de retardo no tempo de pega que ficou constatado nos ensaios em laboratório, sendo assim fica a sugestão de analisar esse crescimento de resistência em idades posteriores à 90 dias.

Portanto, sugere-se também a redução da proporção do pó de serra, passando a trabalhar com os mesmos percentuais, porém em volume, podendo-se obter com isso

resultados bem mais contundentes. Deverão também ser estudadas as consequências dessa incorporação em longo prazo, uma vez que estar-se-á incorporando um material de origem orgânica e como consequência poderá haver algum tipo de interferência no concreto ou resultar em algum tipo de patologia. Tomando esses cuidados, é possível que venha-se a obter um concreto ecológico, com emprego de resíduo de madeira, e que apresente segurança, durabilidade e eficiência.

REFERÊNCIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655** – Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento – Procedimento. ABNT, Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739** – Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. ABNT, Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118** – Projeto de estruturas de concreto — Procedimento. ABNT, Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211** – Agregados para concreto - Especificação. ABNT, Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8953**- Concreto para fins estruturais—Classificação pela massa específica, por grupo de resistência e consistência. ABNT, Rio de Janeiro, 2015.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM67** – Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. ABNT, Rio de Janeiro, 1998.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA. **Resolução CONAMA nº 307/02**, de cinco de julho de 2002 – In: Resoluções, 2002. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html>> Acessado em: 02 de abril. 2019.

CALVANI, Camila C. **Aproveitamento do pó de serra no concreto: avaliação das propriedades físicas e mecânicas**. UFMS - MS, Campo Grande, 2018. 20p

CORRÊA, Lásaro Roberto. **Sustentabilidade na construção civil**. Monografia - UFMG - MG, Belo Horizonte, 2009. 70p

COUTO, José Antônio Santos ET al. **O concreto como material de construção**. 9p. Cadernos de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas, Sergipe, 2013.

DANTAS FILHO, Flavio Pedrosa. **Contribuição ao estudo para aplicação do pó de serra da madeira em elementos de alvenaria não estrutural**. 136p. Dissertação de Mestrado – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

DIAS, Aniel de Melo; SILVA, Thiago José Vieira; POGGIALI, Flávia Spitale Jacques. **O concreto sustentável brasileiro**. Dissertação de Mestrado - UFMG - MG, Belo Horizonte, 2017. 14p

FAGUNDES, Hilton Albana. **Produção de madeira serrada e geração de resíduos do processamento de madeira de florestas plantadas no rio grande do sul.** PPGE/UFRGS - RS, Porto Alegre, 2003. 173p

FERNANDES, Antônio Vitor Barbosa; AMORIM, José Ricardo Ribeiro. **Concreto sustentável aplicado na construção civil.** Ciências Exatas e Tecnológicas Unit - SE, Aracaju, 2014. 25p

HILLIG, Éverton; SCHNEIDER ET al. **Resíduos de madeira da indústria madeireira – caracterização e aproveitamento.** ENEGEP - CE, Fortaleza, 2006. 07p

MACIEL, Carlos César Castilho et al. **O pó de serra de madeira utilizado como agregado fino na utilização de concreto para pavimentação em vias de tráfego leve.** ConReSol - RS, Gramados, 2018. 05p

MARTINS, Paulo Benjamim Morais. **Influência da granulometria agregado miúdo na trabalhabilidade do concreto.** 93p. Universidade Estadual De Feira De Santana, Feira de Santana, 2008.

ORTEGA, Sebastião Gerson. **Sustentabilidade na construção civil: significados, práticas e ideologia.** Organizações e Sustentabilidade - PR, Londrina, 2014. 26p

PEREIRA, Ariany Cardoso et al. **Cimento portland.** 19p. Universidade Do Estado De Mato Grosso, Sinop, 2001.

SCHNEIDER, Vania Elisabete et al. **Diagnóstico dos Resíduos Orgânicos do Setor Agrossilvopastoril e Agroindústrias Associadas – Relatório de Pesquisa.** 134p. IPEA, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2012.

TEIXEIRA, Marcelo Geraldo; CESAR, Sandro Fábio. **Produção de compósito com resíduo de madeira no contexto da ecologia industrial.** CEVEMAD/UNESP-IBRAMEM - SP, São Pedro, 2006.15p

WIECHETECK, Marcelo. **Projeto PNUD BRA 00/20 - Apoio Às Políticas Públicas Na Área De Gestão E Controle Ambiental: Aproveitamento De Resíduos E Subprodutos Florestais, Alternativas Tecnológicas E Propostas De Políticas Ao Uso De Resíduos Florestais Para Fins Energéticos.** Curitiba: Ministério do Meio Ambiente, 2009. Disponível em:<http://www.mma.gov.br/estruturas/164/_publicacao/164_publicacao10012011033501.pdf> Acesso em: 04 mar. 2019.

WIECZYNSKI, Vlademir Jose. **Construções mais sustentáveis: alternativas para uma habitação de baixo custo econômico.** Universidade do Oeste de Santa Catarina, 2015. 13p

ZANIN, Mariaet al. **Sistematização do uso de resíduos de serrarias e potencialidade de aplicação.** IX ENTAC - PR, Foz do Iguaçu, 2002. 08p

APÊNDICE A. Composição e curva granulométrica do pó de serra natural e após a moagem no equipamento Los Angeles.

Tabela 1.A – Composição granulométrica do pó de serra.

PENEIRAS mm	1ª DETERMINAÇÃO				2ª DETERMINAÇÃO				% RETIDO MÉDIA	% RETIDO ACUMULADO
	Peso retido (g)	% retida	Fração passante	% Passante	Peso retido (g)	% retida	Fração passante	% Passante		
9,5	0,84	0,168	0,9983	99,832	0	0,000	1,0000	100,000	0	0
6,3	2,84	0,568	0,9926	99,264	0,70	0,140	0,9986	99,860	0	0
4,8	7,94	1,588	0,9768	97,676	1,80	0,360	0,9950	99,500	1	1
2,4	322,50	64,500	0,3318	33,176	13,80	2,760	0,9674	96,740	34	35
1,2	10,10	2,020	0,3116	31,156	6,80	1,360	0,9538	95,380	2	37
0,6	102,40	20,480	0,1068	10,676	237,20	47,440	0,4794	47,940	34	71
0,3	23,88	4,776	0,0590	5,900	33,10	6,620	0,4132	41,320	6	76
0,15	29,00	5,800	0,0010	0,100	159,70	31,940	0,0938	9,380	19	95
Fundo	0,50	0,100	0,0000	0,000	46,90	9,380	0,0000	0,000	5	
TOTAL	500,00	100,0			500,00	100			100	
PENEIRA DA DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA: <= 5% - (mm)										4,8
MÓDULO DE FINURA										2,79

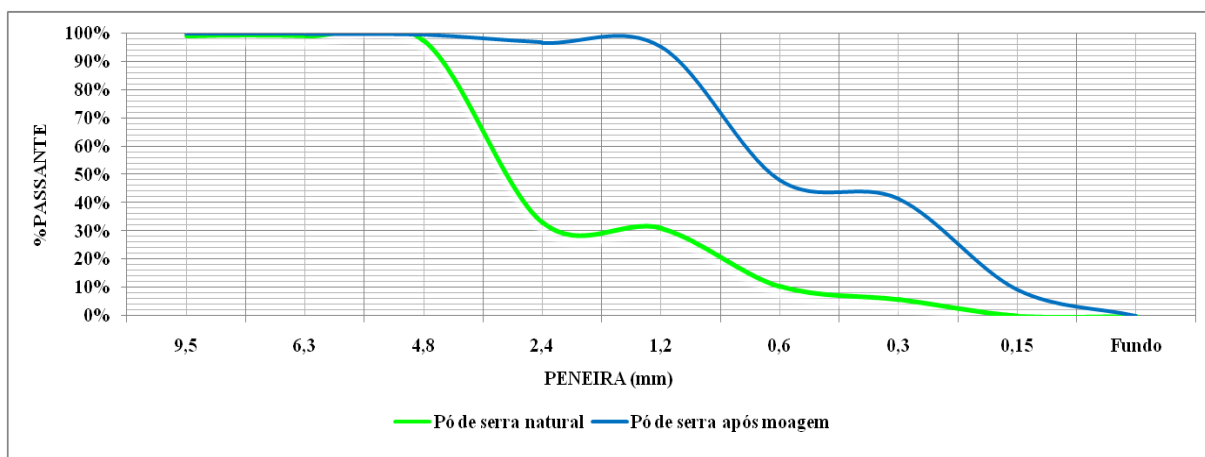


Figura 1.A – Curva granulométrica do pó de serra natural e após a moagem.