



AVALIAÇÃO DO CONCRETO COM A INCORPORAÇÃO DA FÉCULA DE MANDIOCA

¹Gabriel Augusto Batista Ramos; ²Mariana Natale Fiorelli Fabiche

¹Discente do Curso de Engenharia Civil da Universidade Paranaense – UNIPAR

² Docente do Curso de Engenharia Civil da Universidade Paranaense – UNIPAR

Resumo

O material mais utilizado na construção civil é o concreto, uma mistura de cimento, agregado graúdo, agregado miúdo e água. A fim de melhorar suas características e seu desempenho, são de extrema relevância pesquisas para encontrar aditivos que correspondam a essa necessidade, pois encontrar produtos de fácil acesso e de produção em grande escala nacional pode ser um fator primordial para o mercado. O Brasil é um dos maiores produtores de fécula de mandioca do mundo. Este produto tem se tornado base de estudos para setores industriais, como produção de plásticos biodegradáveis, biopolímeros, entre outros. Este trabalho analisa a utilização da fécula de mandioca como aditivo para aumentar a resistência à compressão do concreto convencional através de testes com diferentes dosagens (3, 5 e 7%) no seu processo de produção. Após concluir a moldagem dos corpos de prova seguindo os ensaios das normas vigentes, realizou-se, ao vigésimo oitavo dia, o ensaio de compressão, obtendo-se resultados muito relevantes, como por exemplo, da amostra com 5% de adição de fécula, que atingiu uma resistência 15,52% superior às amostras sem a adição. Como ainda não há muitos estudos sobre sua utilização, mais pesquisas são necessárias com o propósito de estudar seu comportamento e comprovar sua eficácia.

Palavras-chave: Aditivos. Resistência. Fécula. Concreto.

Abstract

The most used material in civil construction is concrete, a mixture of cement, coarse aggregate, fine aggregate and water. In order to improve its characteristics and performance, research is extremely relevant to find additives that meet this need, as finding products that are easily accessible and produced on a large national scale can be a key factor for the market. Brazil is one of the largest cassava starch producers in the world. This product has become the basis of studies for industrial sectors, such as the production of biodegradable plastics, biopolymers, among others. This work analyzes the use of cassava starch as an additive to increase the compressive strength of conventional concrete through tests with different dosages (3, 5 and 7%) in its production process. After completing the molding of the specimens following the tests of the current standards, the compression test was carried out on the twenty-eighth day, obtaining very relevant results, for example, from the sample with 5% addition of starch, which reached a strength 15.52% higher than the samples without the addition. As there are not many studies on its use yet, more research is needed in order to study its behavior and prove its effectiveness.

Keywords: Additives. Resistance. Starch. Concrete.



1 Introdução

A indústria de fécula, amido de mandioca, surgiu no Brasil na década de 1950, com as primeiras unidades industriais instaladas em Santa Catarina. As mudanças estruturais mais significativas, porém, aconteceram apenas nos anos 1990 (CARDOSO E SOUZA, 1999 *apud* FELIPE, 2019). Em 2018, a indústria de fécula manteve o número de empregos diretos de 3,4 mil, mesmo com os entraves. Manteve também acima de 1,3 bilhões o valor bruto da produção (VBP), com acréscimo de 8% em relação a 2017 (FELIPE, 2019).

A fécula de mandioca oriunda do tubérculo da planta é produzida e exportada em larga escala no Brasil. Distribuída a cerca de 90 países, torna-se alimento para aproximadamente 500 milhões de pessoas em todo mundo. O Brasil produz cerca de 27,3 milhões de toneladas todo ano, sendo o segundo no ranking mundial de produção de mandioca (FAO, 2008 *apud* LEONEL, 2009). Está em primeiro lugar de produção interna o estado do Pará, que produz 70,5% do produto nacional (DEBIAGI *et al.*, 2013).

De acordo com Albuquerque *et al.* (1993) a mandioca em sua composição tem em média os percentuais de 68,2% de umidade, 30% de amido, 2% de cinzas, 1,3% de proteínas, 0,2% de lipídeos e 0,3% de fibras. O amido deve ser modificado ou misturado a outros polímeros para melhorar suas propriedades e minimizar sua sensibilidade à água. A modificação do amido, pela substituição dos grupamentos hidroxila tem como finalidade diminuir temperaturas de gelatinização, reduzir a recristalização e melhorar a flexibilidade do produto final (BRITO *et al.*, 2011).

Com relação ao concreto, ele é o material mais utilizado na construção civil. Em geral é basicamente um composto originado da mistura de pelo menos um aglomerante, no caso o cimento e, também, água, pedra e areia, além de outros materiais eventuais, os aditivos. O cimento ao ser hidratado pela água torna-se uma pasta que adere aos fragmentos agregados. Forma uma mistura resistente e de fácil modelagem de alta resistência à compressão, e quando endurecida, forma um bloco monolítico adequado às exigências necessárias (LIMA *et al.*, 2014).

Esse material construtivo, amplamente disseminado, pode ser encontrado em todas as casas de alvenaria, rodovias, pontes, nos edifícios mais altos do mundo, torres de resfriamento, em usinas hidrelétricas e nucleares, obras de saneamento e até em plataformas de extração petrolífera móveis. É estimado que, anualmente, são consumidos 11 bilhões de toneladas de concreto, que segundo a Iberoamericana de Hormigón Premesclado (FIHP), dá um consumo de 1,9 toneladas de concreto por habitante por ano (PEDROSO, 2009).

Entre os anos de 2005 e 2012, o consumo de cimento aumentou em mais de 80%, no mesmo período houve um aumento de 180% de concreto preparado em centrais. Ao considerar estes dados, estima-se que as concreteiras tenham tido uma produção de 51 milhões de metros cúbicos no ano de 2012, segundo conclusões de uma pesquisa inédita realizada pela Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP (ABCP, 2013).

Ainda conforme ABCP (2013), o amido de mandioca apresenta uma grande versatilidade, e com as projeções para o concreto a longo prazo, poderá existir desenvolvimento de novas funções no concreto, como os concretos auto



recuperáveis. Esses concretos serão capazes de fechar fissuras pela introdução de cápsulas de determinados polímeros no seu processo de mistura, que fecham as microfissuras.

Este trabalho visa averiguar os efeitos na resistência à compressão do concreto com a utilização da fécula de mandioca como um aditivo, em relação ao concreto fabricado de forma convencional.

2 Revisão Bibliográfica

2.1 Concretos e a adição de novos produtos

Descoberto em 1824 por Joseph Aspdin na ilha de Portland, o cimento recebeu o nome do local e se tornou um dos materiais mais importantes da construção civil (CABRAL, 2016). De acordo com a NBR 16697 (2018), a partir da moagem do clínquer Portland obtemos o ligante hidráulico, nomeado cimento Portland, junto com a adição de sulfato de cálcio e minerais (ABNT, 2018).

O mercado vem apresentando um alto consumo de cimento Portland a nível mundial, e isso tem feito com que pesquisadores, cimenteiras e afins busquem por alternativas sustentáveis com relação a sua produção. Estes novos meios buscam além de prolongar a vida útil das jazidas de argila e calcário, encontrar avanços tecnológicos que alavanquem as economias (CABRAL, 2016).

Existe duas classificações para o concreto, a estrutural e a não estrutural. O concreto estrutural é o utilizado como o nome remete, na estrutura, visando manter a sanidade da estrutura. Já o não estrutural é utilizado em lugares que necessitam de menores resistências. Por sua fácil trabalhabilidade quando fresco, o concreto é muito requisitado (TECNOSIL, 2020).

Segundo Cabral (2016), ao longo do tempo surgiu uma crescente necessidade de aprimoramento de algumas características do concreto, como a leveza, resistência, flexibilidade, custos, entre outras. Esta necessidade gerou o desenvolvimento de aditivos e incentivou a busca por outros tipos de materiais que possam ser adicionados ao concreto para melhorar ainda mais seu desempenho.

Cabral (2016), ainda alega que em um cenário de desenvolvimento tecnológico, em ascensão a sustentabilidade e a preservação do meio ambiente, com numerosas pesquisas sobre o tema, tornou-se um objetivo abordar a possibilidade de utilizar diferentes e inovadores materiais no concreto e argamassa na construção civil. Um dos produtos que passou a ser sondado para uma futura aplicação ao concreto, que deram resultados para a busca de novas alternativas como economia e sustentabilidade é o uso de cinzas do bagaço de cana de açúcar. Cinza do bagaço de cana-de-açúcar com valor apropriado de índice de atividade pozolânica com cimento Portland através de moagem em escala semi-industrial e circuito fechado (CORDEIRO, 2006).

Entre 1998 e 1999 foram descartados cerca de 10 a 15 milhões de pneus usados ao ano no Brasil. E quando se busca saber o destino destes, a maioria é jogada em aterros sanitários, lixões, terrenos e áreas não controladas; apenas os aterros industriais controlados e licenciados os reutiliza para a indústria da borracha (SEGRE, 1999).

A vida útil de um pneu dura em média de 40 a 100 mil km, conforme o modo e as condições de sua utilização. Após o uso, boa parte destes pneus são descartados ou encaminhados para recapagem e geram resíduos. Este cenário desafia desenvolver um concreto, que atenda as características mínimas de desempenho, para pavimentos com minimização de utilização de agregados naturais (MOREIRA; FIDELIS; DIAS; 2014).

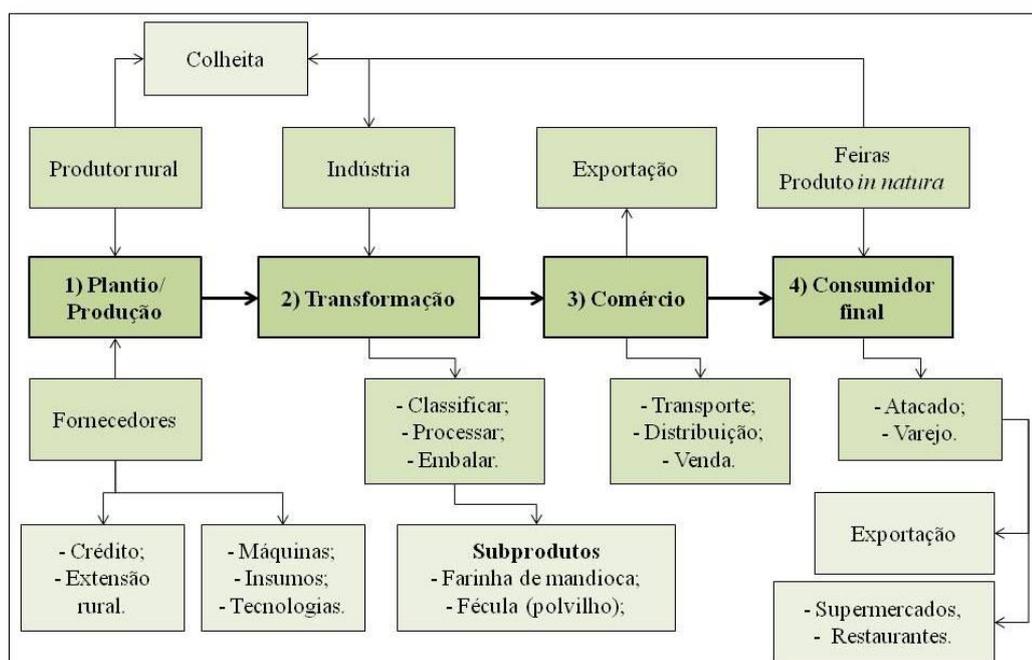
2.2 Amido de mandioca em novos produtos

A fécula é um derivado da mandioca que recebe várias nomenclaturas como: goma, amido ou polvilho doce. Este produto é um pó fino branco que não apresenta cheiro e nem sabor. É obtido da raiz da mandioca limpa, descascada, triturada, desintegrada e purificada. A utilização de fécula ocorre principalmente nas indústrias, em especial nas de tecidos, papéis, colas e tintas; indústria petrolífera e na fabricação de embalagens biodegradáveis, que substitui os derivados de petróleo (COPASUL, 2015).

Um novo tipo de plástico biodegradável, que tem como matéria-prima o amido de mandioca, foi produzido em parceria por duas unidades da USP: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq), em Piracicaba, e Escola Politécnica (Poli). Os pesquisadores desenvolveram uma técnica que utiliza o gás ozônio para processar o amido e melhorar as propriedades do plástico. O resultado é um produto mais transparente e resistente, que poderá ser usado em diversos tipos de embalagens. O método já teve a patente requerida, com o objetivo da transferência de tecnologia para a indústria (USP, 2019).

A mandioca tem uma cadeia produtiva muito interessante, conforme Figura 1, pois, o produto base para a tapioca, a fécula de mandioca, tem vários tipos de utilização.

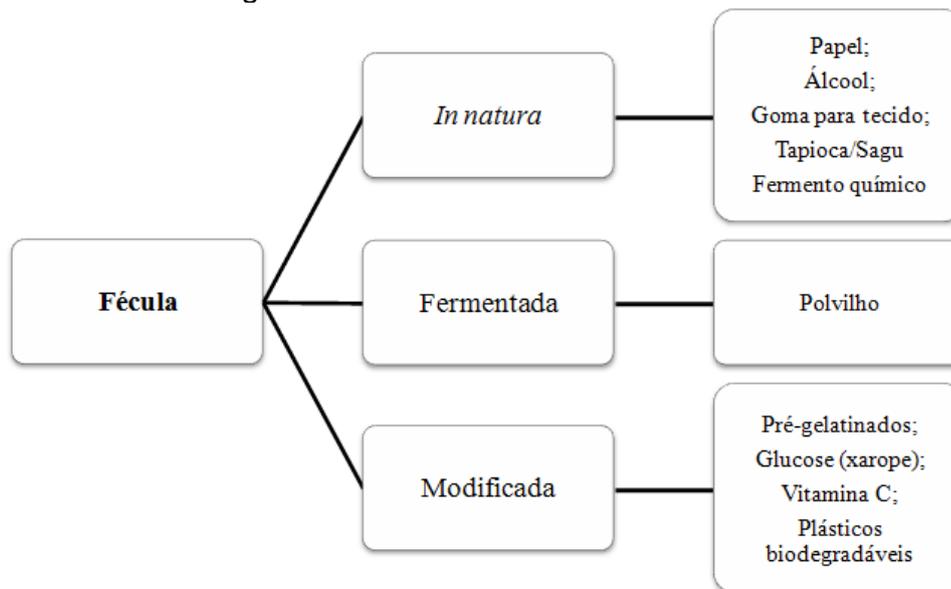
Figura 1: Fluxograma da cadeia produtiva da mandioca.



Fonte: Berwanger (2018)

A fécula pode ser classificada em três grupos distintos (Figura 2), destinados ao seu consumo final, que podem ser desde as indústrias alimentícias até as indústrias de plásticos.

Figura 2: Usos da fécula de mandioca.



Fonte: Berwanger (2018)

3 Metodologia

Com intuito de analisar a eficácia da adição da fécula na produção do concreto, adotou-se três dosagens, cujos corpos de prova foram submetidos laboratorialmente ao ensaio de compressão axial. A produção seguiu conforme os ensaios e as normas pertinentes. Os passos estão apresentados abaixo.

3.1 Adição do amido

No estudo foi utilizado o amido de mandioca (Figura 3) como um aditivo natural ao concreto. Esse produto foi adquirido de forma industrializada em comércios da região de Guaíra no estado do Paraná. A adição foi dosada através de porcentagens distintas, 3, 5 e 7% em relação ao volume dos corpos de provas, porcentagem determinada pelo autor, a fim de verificar divergências entre as amostras.

Figura 3: Mandioca e fécula.



Fonte: ABPAM (2020)

3.1.1 Traço utilizado e normas adotadas

As amostras foram moldadas em corpos de provas cilíndricos (Figura 4) atendendo a ABNT NBR 5738:2015. O corpo de prova padrão brasileiro é o cilíndrico, com 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura, e a idade de referência para o ensaio foi de 28 dias (ABNTNBR 5739:2018).

No traço pré-definido de 1: 2 e meio: 3: 0,61, sendo eles, respectivamente, uma parte de cimento composto (CP II-Z-32), duas partes de areia, três partes de brita e 0,61 partes de água, que é um dos traços analisados e descrito como utilizável em fundações, reservatórios e marquises (BRANCO, 1984).

Figura 4: Corpos de prova moldados.



Fonte: Autor (2021)

Após o período estabelecido, os corpos de prova foram desmoldados (Figura 5) e identificados conforme sua composição.

Figura 5: Corpos de prova desmoldados.



Fonte: Autor (2021)

3.2 Ensaios

Segundo a ABNT NBR NM 248:2003, os agregados foram submetidos à análise de granulometria.

A composição granulométrica tem grande influência nas propriedades futuras das argamassas e concretos, por este motivo os agregados foram submetidos em laboratório aos seguintes ensaios:

- Determinação da Massa Específica da Areia através do Método do Frasco de Chapman (Figura 6), segundo a ABNT NBR 16916:2021.

Figura 6: Frasco de Chapman.



Fonte: Autor (2021)

- Determinação da Massa Específica do Agregado Graúdo pelo método da balança hidrostática (Figura 7), segundo a ABNT NBR 16867:2020.

Figura 7: Balança hidrostática.



Fonte: Autor (2018)

- Determinação da Massa Unitária da Areia nas condições solta e compacta (Figura 8 e Figura 9), segundo a ABNT NBR 16972:2021.

Figura 8: Ensaio de Massa Unitária solta.



Fonte: Autor (2021)

A massa unitária compactada se dá através da disposição de agregado miúdo em um recipiente cujo se saiba sua massa, que é preenchido de agregado dividido em 3 partes de sua capacidade total, onde a cada um terço do recipiente seja preenchido são efetuados 25 golpes com uma haste de metal.

Figura 9: Ensaio de Massa Unitária compactada.



Fonte: Autor (2021)

- Análise Granulométrica do Agregado Miúdo e Graúdo (Figura 10 e Figura 11), segundo a ABNT NBR NM 248:2003.

Figura 10: Análise Granulométrica.



Fonte: Autor (2021)

Figura 11: Análise Granulométrica.



Fonte: Autor (2021)

- Água de amassamento do concreto

A água utilizada no concreto é proveniente da rede de abastecimento local, da cidade de Guaíra.

3.3 Moldagem dos corpos de prova

Para cada porcentagem pré-definida foram moldados cinco corpos de prova com a fécula como aditivo e outros cinco corpos de prova sem nenhuma adição, usando o mesmo traço, para fins comparativos. Os resultados obtidos foram analisados, comparados e dispostos graficamente para interpretação.

O concreto após ser processado em uma betoneira foi submetido ao ensaio de abatimento através do método do Slump test (Figura 12), segundo a ABNT NBR 16889:2020.

Figura 12: Slump test.



Fonte: Autor (2021)

Após moldados, foram deixados por 24 horas em superfície plana e com sombra, depois os corpos de provas foram para o período de cura e ficaram submersos em tanque de água. Posteriormente foram submetidos a ensaio de resistência à compressão ao vigésimo oitavo dia de cura, com uma prensa hidráulica (Figura 13), segundo os requisitos da ABNT NBR 5739:2018.

Figura 13: Prensa Hidráulica.



Fonte: Contenco (2021)

4 Resultados

4.1 Agregado miúdo

Com a realização dos testes laboratoriais descritos no item 3, o Quadro 1 apresenta os resultados alcançados.

Quadro 1: Resultados dos ensaios do agregado miúdo.

Ensaio	Resultado (g/cm ³)
Massa específica	2,645502
Massa unitária	1,5447
Massa unitária compactada	1,6730

Fonte: Autor (2021)

Seguindo as normas vigentes, o Quadro 2 apresenta as características do agregado miúdo utilizada no trabalho.

Quadro 2: Características da Areia.

Característica	Valores	Método de ensaio (NBR)
Módulo de finura	3,4489	NM 248:2003
Dimensão máx. característica (mm)	4,75	NM 248:2003
Gradação	Grossa	NM 248:2003
Massa específica (g/cm ³)	2,645	16916:2021

Fonte: Autor (2021)

No Quadro 3, estão os valores encontrados na norma para estabelecer limites superiores e inferiores de zona ótima e zona utilizável.

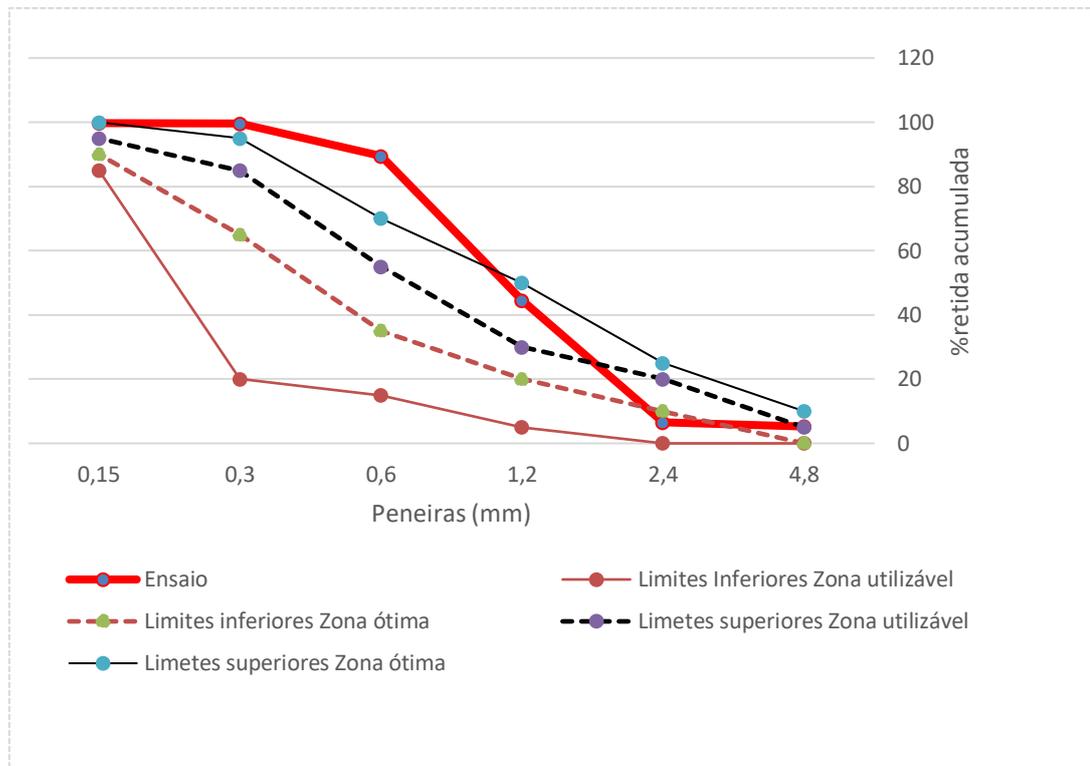
Quadro 3: Valores estabelecidos por norma, delimitando os limites superiores e inferiores.

Peneira (mm)	Valores da Norma			
	Limites Inferiores		Limites superiores	
	Zona utilizável	Zona ótima	Zona utilizável	Zona ótima
9,5	0	0	0	0
6,3	0	0	0	7
4,8	0	0	5	10
2,4	0	10	20	25
1,2	5	20	30	50
0,6	15	35	55	70
0,3	20	65	85	95
0,15	85	90	95	100

Fonte: Autor (2021)

Foi desenvolvido o Gráfico 1 para comparação e análise do agregado miúdo utilizada no trabalho em relação aos valores estabelecidos pela norma, para limites superiores e inferiores de zona ótima e zona utilizável.

Gráfico 1: Curva granulométrica da areia.



Fonte: Autor (2021)

4.2 Agregado graúdo

Com a realização dos testes laboratoriais descritos no item 3, para massa específica da brita, obteve-se **2,626 g/cm³** como resultado.

Procedidas as normas vigentes, o Quadro 4 apresenta as características do agregado graúdo utilizada no trabalho.

Quadro 4: Características do agregado graúdo.

Característica	Valores	Método de ensaio (NBR)
Dimensão máx. característica (mm)	12,5	NM 248:2003
Gradação	Brita 1	NM 248:2003
Massa específica (g/cm ³)	2,626	16916:2021

Fonte: Autor (2021)

No Quadro 5 estão apresentados os valores da norma ABNT NBR 7211:2019 para estabelecer limites superiores e inferiores da brita em relação a peneira.

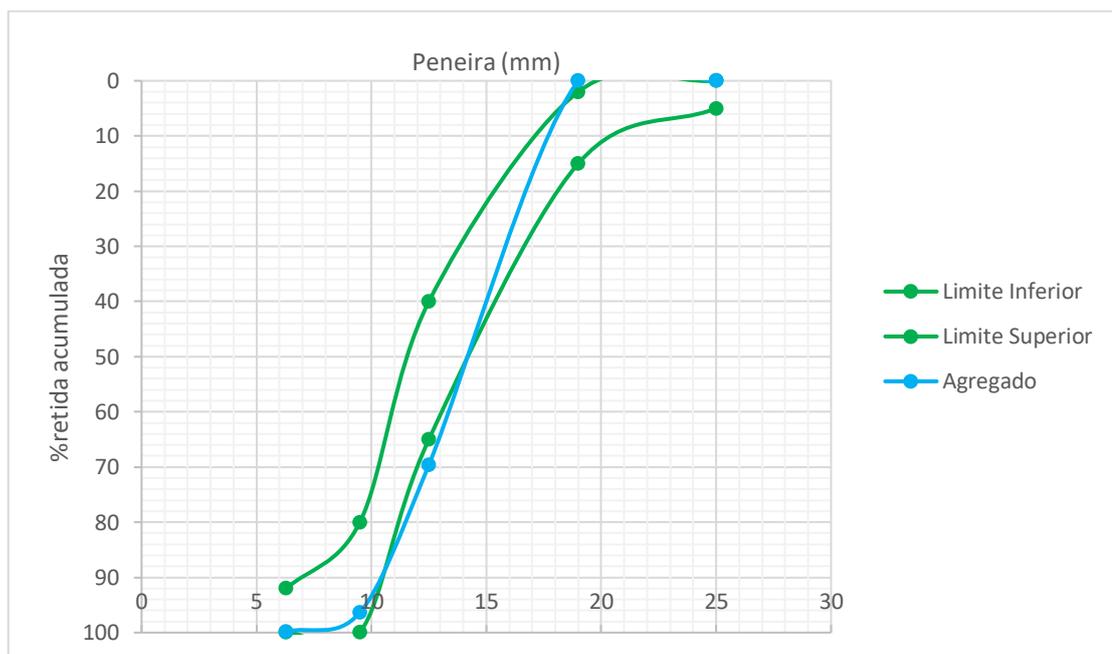
Quadro 5: Valores estabelecidos por norma.

Peneira (mm)	Porcentagem retida acumulada		LIMITES DE NORMA - NBR 7211
	9,5/25		
	Limite Inferior	Limite Superior	
25	0	5	
19	2	15	
12,5	40	65	
9,5	80	100	
6,3	92	100	

Fonte: Autor (2021)

O Gráfico 2 foi desenvolvido para fins comparativos e análise da brita utilizada no trabalho em relação aos valores estabelecidos pela norma, para limites granulométricos superiores e inferiores.

Gráfico 2: Curva granulométrica da brita.



Fonte: Autor (2021)

4.3 Slump test.

A amostra sem adição apresentou um abatimento de 9 centímetros sendo classificado como muito mole, a amostra com 3% de adição apresentou abatimento de 5,8 centímetros, a amostra com 5% de adição apresentou abatimento de 4,3, a amostra com 7% de adição apresentou abatimento de 1,6 centímetros, classificando-os em destinações divergentes. Um exemplo são as estruturas usuais que pedem um abatimento em torno de 5 a 7 centímetros.

O Quadro 6 apresenta o resultado individualizado por amostra, quanto a resistência a compressão.

Quadro 6: Resultado individual de resistência a compressão.

Porcentagem de adição	Idade (dias)	Carga Ruptura (kgf)	Seção (cm ²)	Tensão Ruptura (MPa)
0	28	12.050	78,54	15,0
0		14.170	78,54	17,7
0		15.370	78,54	19,2
0		13.350	78,54	16,7
0		14.330	78,54	17,9
3		10.250	78,54	12,8
3		13.990	78,54	17,5
3		13.360	78,54	16,7
3		13.780	78,54	17,2
3		8.830	78,54	11,0
5		15.300	78,54	19,1
5		18.760	78,54	23,4
5		17.760	78,54	22,2
5		16.110	78,54	20,1
5		14.070	78,54	17,6
7		12.500	78,54	15,6
7		12.680	78,54	15,8
7		9.670	78,54	12,1
7		8.170	78,54	10,2
7		7.610	78,54	9,5

Fonte: Autor (2021)

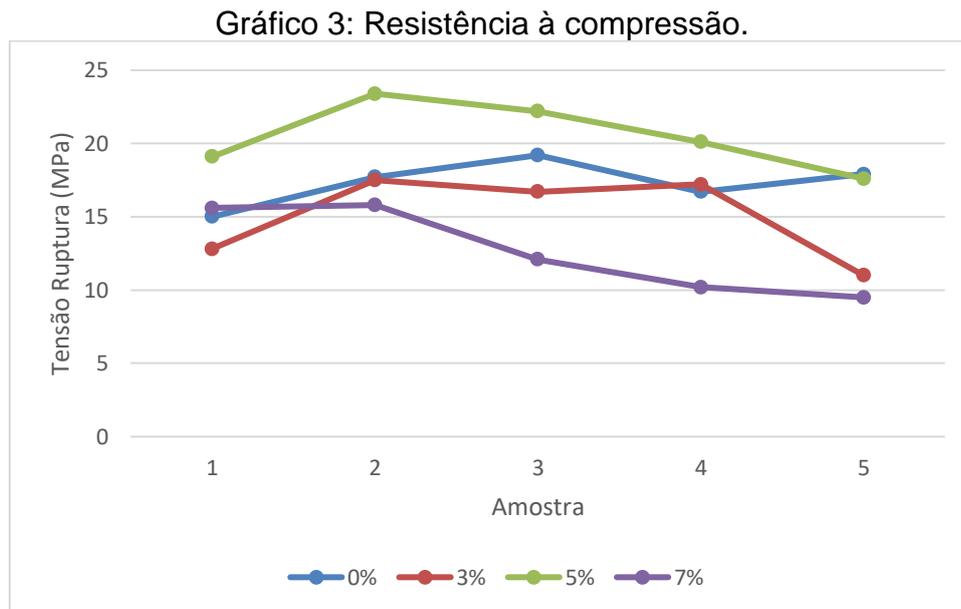
Quadro 7 mostra a média por porcentagem de fécula, resultados do ensaio à compressão axial realizada em laboratório com auxílio do equipamento exemplificado no item 3.3.

Quadro 7: Média dos Resultados de resistência à compressão.

Ensaio de rompimento por compressão (média)		
Porcentagem de adição	Carga Ruptura (kgf)	Tensão Ruptura (MPa)
0	13.854	17,3
3	12.042	15,04
5	16.400	20,48
7	10.126	12,64

Fonte: Autor (2021)

Os resultados obtidos para cada amostra de cada porcentagem de adição (Gráfico 3) foram divergentes. Apresentaram picos e quedas de resistência entre as amostras, diferenciando-as uma das outras. Na comparação da amostra sem adição com as demais, as aditivadas apresentaram discrepâncias, com pontos positivos e pontos negativos e abriu uma possibilidade de estudo em relação a porcentagens mais adequadas que possam reproduzir os números alcançados pela amostra com 5% de fécula.



Fonte: Autor (2021)

No Gráfico 3 é possível observar que a amostra de concreto convencional se manteve superior em quase todas as amostras, com exceção do concreto com 5% de fécula. Percebeu-se a necessidade de estudos mais aprofundados, sem descartar a fécula como possível aditivo, visto que os ensaios realizados com os corpos de prova com 5% de aditivo se mostraram satisfatórios em quatro de cinco amostras.

5 Conclusão

Com as pesquisas bibliográficas, observou-se que não há estudos que demonstrem ou não, a eficácia do amido quando inserido ao concreto, portanto despertou-se o interesse em aprofundar o assunto.

O presente trabalho teve como objetivo pesquisar e analisar a influência do amido de mandioca na resistência à compressão do concreto, quando pequenas proporções de amido são inseridas junto aos demais componentes do concreto durante seu processo de produção.

Seguindo as normas vigentes, foram moldados vinte corpos de prova divididos em quatro grupos com porcentagens distintas de fécula de mandioca. Ao final dos 28 dias de cura apresentaram resultados distintos, tendo os corpos de prova com 5% de fécula o melhor desempenho quando submetido ao teste de compressão, ao apresentar uma resistência de 15,52% superior às amostras sem adição.



As amostras com 3% e 7% não se mostraram satisfatórias pois apresentaram uma resistência inferior às amostras sem adição. Uma suposta justificativa para tal resultado, alvo de futuros estudos, é a relação água cimento, pois visualmente as amostras com 3% de amido se mostraram muito liquefeitas, enquanto as amostras com 7% demonstraram um aspecto muito ressecado.

Conclui-se portanto, após este experimento, que a utilização da fécula de mandioca como aditivo para aumentar a resistência à compressão do concreto possui potencial, todavia, mais estudos serão necessários para comprovar a eficácia do produto.

6 Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE AMIDO DE MANDIOCA - ABPAM. **Mandioca/Retrospectiva 2019 – Preços caem até setembro, mas se recuperam no final de 2019**. Paranavaí, 14 de janeiro de 2020. Disponível em: <<https://abam.com.br/precos-caem-ate-setembro-mas-se-recuperam-no-final-de-2019/>>. Acesso em 15 de maio de 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO CIMENTO PORTLAND - ABCP. **Pesquisa inédita e exclusiva revelacenário do mercado brasileiro de concreto**. São Paulo, 2013. Disponível em: <<https://abcp.org.br/imprensa/noticias/pesquisa-inedita-e-exclusiva-revela-cenario-do-mercado-brasileiro-de-concreto/>>. Acesso em 20 de maio de 2021.

ALBUQUERQUE, Tania Toledo de Oliveira. *et al.* Composição centesimal da raiz de 10 variedades de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) cultivadas em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Mandioca**, v. 12, n. 1/2, p. 7-12, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 1711**: Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.

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

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16697**: Cimento Portland — Requisito. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16867**: Solo - Determinação da massa específica aparente de amostras indeformadas — Método da balança hidrostática. Rio de Janeiro, 2020.



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16889**: concreto — Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16916**: Agregado miúdo - Determinação da densidade e da absorção de água. Rio de Janeiro, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16972**: Agregados - Determinação da massa unitária e do índice de vazios. Rio de Janeiro, 2021.

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

BERWANGER, Adriano. Estudo Sobre a Cadeia Produtiva da Mandioca. **Revista Educação ambiental em ação**, v. XX, nº 75, p.02-p.03. Ano 03/2018. Disponível em: <<https://revistaea.org/artigo.php?idartigo=3096.pdf>>. Acesso em 18 de maio de 2021.

BRANCO, Abílio de Azevedo Caldas. **12 Traços em sequência**. Rio de Janeiro, 1984. Disponível em: <http://aquarius.ime.eb.br/~webde2/prof/ethomaz/cimentos_concretos/caldas_branco.pdf>. Acesso em 5 março de 2021.

BRITO, Gustavo Figueiredo. *et al.* Biopolímeros, polímeros biodegradáveis e polímeros verdes. **Revista eletrônica de materiais e processos**, v 6.2, 127-139, Ano. 2011. Disponível em: <<http://www2.ufcg.edu.br/revista-remap/index.php/REMAP/article/view/222/204>>. Acesso em 21 de maio de 2021.

CABRAL, Stênio Cavalier. Materiais alternativos para adição ao cimento Portland. **Revista Científica Vozes dos Vales**, v. nº 10, p.02-p.03, Ano. 2016. Disponível em: <<http://site.ufvjm.edu.br/revistamultidisciplinar/files/2016/09/Stenio23.pdf>>. Acesso em 20 de maio de 2021.

CARDOSO, Carlos Estevão Leite.; SOUZA, José da Silva. **Aspectos agro-econômicos da cultura da mandioca: potencialidades e limitações**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 1999. 27 p.

CONTENCO. **Prensa para ensaios de concreto hidráulica elétrica digital 20/100T – com chave seletora – 02 calibrações – I-3025-H**. Disponível em: <<https://contenco.com.br/produto/prensa-hidraulica-eletrica-digital-20-100t-com-chave-seletora-i-3025-h/>>. Acesso em 22 de junho de 2021.

COOPERATIVA AGRÍCOLA SUL MATOGROSSENSE - COPASUL. **Fécula de mandioca: Muito além da tapioca**. Naviraí, 2015. Disponível em: <<https://www.copasul.coop.br/noticias/fecula-de-mandioca-muito-alem-da-tapioca/448>>. Acesso em 20 de maio de 2021.



CORDEIRO, Guilherme Chagas. **Utilização de cinzas ultrafinas do bagaço de cana-de-açúcar e da casca de arroz como aditivos minerais em concreto**. Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, 2006.

DEBIAGI, Flávia. *et al.* Embalagens biodegradáveis de amido reforçadas com fibras lignocelulósicas provenientes de resíduos agroindustriais. **BBR - Biotechnology Reports**, v. 1, n. 2, p.57-67. São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5433/2316-5200.2012v1n2p57>>. Acesso em 17 maio de 2021.

FELIPE, Fabio Isaias. **Produção e consumo de fécula de mandioca no Brasil**. São Paulo, ago. 2019. Opinião-cepea. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/opiniao-cepea/producao-e-consumo-de-fecula-de-mandioca-no-brasil.aspx>>. Acesso em 20 de junho de 2021.

LEONEL, Magali. Desenvolvimento de produtos funcionais à base de mandioca. **RAT: Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 5, p. 126-148, Botucatu, 2009. Disponível em: <<https://www.cerat.unesp.br/Home/compendio/palestras/palestra8.pdf>> Acesso em 21 de maio de 2021.

LIMA, Caio Ivson Vasconcelos. *et al.* Concreto e suas inovações. **Ciências exatas e tecnológicas** v. 1 n.1 p. 31-40, Maceió, 2014. Disponível em: <<https://periodicos.set.edu.br/fitsexatas/article/view/1285/755>>. Acesso em 8 de julho de 2021.

MOREIRA, José Franklin; FIDELIS, Vanessa Rosa Pereira; DIAS, João Fernando . **Concreto com borracha de pneus aplicado em ciclovia**. HOLOS Environmental, v. 14, n. 2, pp. 185-197, Rio Claro, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.14295/holos.v14i2.8141>>. Acesso em 10 de julho de 2021.

PEDROSO, Fábio Luís. Concreto: as origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem. **Concreto e Construções**, v. 53, p. 14-19. Brasília, 2009. Disponível em: <http://www.ibracon.org.br/publicacoes/revistas_ibracon/rev_construcao/pdf/Revista_Concreto_53.pdf>. Acesso em 6 de junho de 2021.

SEGRE, Nadia Cristina. **Reutilização de borracha de pneus usados como adição empasta de cimento**. Tese, 104 f. – Instituto de Química. Universidade Estadual de Campinas, 1999. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/250460/1/Segre_NadiaCristina_D.pdf>. Acesso em 18 de maio de 2021.

TECNOSIL. **O que é concreto e quais os principais tipos utilizados na construção**. Itupeva-SP. 2020. Disponível em: <<https://www.tecnosilbr.com.br/o-que-e-concreto-e-quais-os-principais-tipos-utilizados-na-construcao-2/>>. Acesso em 09 de junho de 2021.



Universidade de São Paulo - USP. **Engenheiros da USP criam plástico biodegradável feito de mandioca, transparente e resistente.**

Jornal da usp, São Paulo, out. 2019. Disponível em:

<<https://jornal.usp.br/ciencias/ciencias-ambientais/engenheiros-da-usp-criam-plastico-biodegradavel-feito-de-mandioca-transparente-e-resistente/>>. Acesso em 09 de junho de 2021.