

## **DESENVOLVIMENTO DE CONCRETOS SUSTENTÁVEIS ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DO PÓ DAS ESCAMAS DA TILÁPIA DO NILO**

 <https://doi.org/10.56238/arev7n5-130>

**Data de submissão:** 07/04/2025

**Data de publicação:** 07/05/2025

**Suelen Marques Malacarne**

Engenheira Civil (Unigran), Mestre e Doutoranda em Ciência e Tecnologia Ambiental (UFGD)  
Universidade Federal da Grande Dourados  
E-mail: suelenmalacarne95@gmail.com  
Orcid: 0000-0001-8548-2720  
Lattes: 8992205719608396

**William Renzo Cortez Vega**

Professor, Doutor em Engenharia e Ciência de Alimentos (FURG)  
Universidade Federal da Grande Dourados  
E-mail: williamvega@ufgd.edu.br  
Orcid: 0000-0001-7772-1998  
Lattes 0016066069380492

**Marcelo Fossa da Paz**

Professor, Doutor em Agronomia – ESALQ  
Universidade Federal da Grande Dourados  
E-mail: marcelopaz@ufgd.edu.br  
Orcid: 0000-0002-5176-2895  
Lattes: 9929269532617448

### **RESUMO**

Até 70% do peso total do peixe é descartado durante seu processamento, 5% destes são escamas, compostas principalmente por colágeno e hidroxiapatita que podem possuir certas propriedades adsorptivas, e servirem como fonte de matéria-prima para diversos produtos úteis. O uso de um pó a base de escama de peixe sendo utilizado como adição em materiais cimentícios, pode contribuir para a sustentabilidade do setor pesqueiro e da construção civil melhorando propriedades como resistência mecânica, devido às características de adsorção encontradas nas escamas, que podem ser capazes de proporcionar uma cura interna mais lenta ao concreto. O presente trabalho teve como objetivo caracterizar o pó da escama de peixe: a tilápia do Nilo, avaliar a consistência no estado fresco e a resistência mecânica à compressão dos concretos produzidos a partir dessa adição estando submetidos a dois tipos de cura: seca (ao ar) e úmida (submersos em água) em idades de 7, 28 e 91 dias. As escamas foram coletadas em uma indústria de processamento de pescado da região de Itaporã – MS, lavadas, secas e moídas em um moinho de facas para obtenção de um pó fino. Nesse pó realizou-se ensaio de perda ao fogo e difração de raio X (DRX). Foram produzidos corpos de prova de concretos 10x20cm utilizando um traço de referência de 1:2,1:2,92 (cimento:areia:brita) com relação água/cimento igual a 0,7 sem uso de aditivo com teores de 0%, 2,5%, 5%, 7,5% e 10% em peso de adição de pó de escama. Os resultados indicaram que quando curado submerso em água os concretos apresentam sempre melhores resultados que quando curados ao ar. Adições do pó da escama em até 2,5% para 7 e 28 dias resultaram em ganho de resistência mecânica à compressão comparado com a amostra de referência. Já a adição do pó diminui a consistência e trabalhabilidade dos concretos no estado fresco, todavia, a utilização desse resíduo contribuiria ambientalmente ao diminuir a

quantidade de resíduos produzidos pela indústria de processamento de pescado. Concluiu-se que a incorporação do pó das escamas da Tilápis do Nilo, em materiais cimentícios pode ser uma alternativa interessante e viável para a produção de produtos concretos sustentáveis, mas é importante ressaltar que seu uso ainda é um campo de pesquisa em desenvolvimento. Portanto, é necessário realizar mais estudos avaliando eficácia e segurança dessa técnica em larga escala na construção civil.

**Palavras-chave:** Concreto. Concreto ecológico. Resíduo de peixe. Sustentabilidade. Agenda 2030.

## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o aumento da população, aliado aos seus crescentes padrões de urbanização, deverá impulsionar a demanda por materiais à base de cimento nas próximas décadas (SNIC, 2019b). O consumo brasileiro no ano de 2022 foi de 62,7 toneladas (CIMENTO.ORG, 2023). A indústria cimenteira responde, globalmente, por cerca de 7% de todo o gás carbônico emitido pelo homem (SNIC, 2019b). As exigências por aspectos sustentáveis se tornarão cada vez maiores no setor da construção civil.

Em 2015, a Assembleia Geral das Nações Unidas com a participação de 193 estados membros, dentre esses o Brasil, produziu a Agenda 2030 onde estabeleceu 17 objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) (STF, 2024). O compromisso assumido envolve a adoção de medidas para promover o Estado de Direito, os direitos humanos e a responsividade das instituições políticas (STF, 2024). A partir disso iniciou-se um envolvimento cada vez maior das empresas brasileiras em torno da sustentabilidade e uma maturidade crescente em relação ao tema.

No setor da construção civil, houve em 2019 o lançamento do Roadmap Tecnológico do Cimento, que traçou as principais ambições e diretrizes para a redução das emissões de carbono da indústria cimenteira do Brasil até 2050, e propôs alternativas para reduzir as emissões por meio de novas matérias primas e fontes alternativas de energia, como por exemplo, resíduos industriais (SNIC, 2019b).

A produção de um concreto feito com uso de resíduos e que atenda às exigências estruturais, além de ter relação direta com o que prevê alguns Objetivos da Agenda 2030 quanto a necessidade de buscar alternativas econômicas e sustentáveis com vistas a processos industriais limpos e ambientalmente corretos, agrupa valores de reciclagem e trazendo benefícios ambientais e econômicos

No País a piscicultura gera cerca de 4 milhões de empregos diretos e indiretos. A produção brasileira em 2023 foi de 887.029 toneladas de peixes de cultivo, com crescimento de 3,1% sobre o resultado do ano anterior (860.355 toneladas). A tilápia participou com 579.080 toneladas (65,3% do total), O Brasil já é o quarto maior produtor da espécie (PEIXE BR, 2024).

No entanto, até 70% do peso total do peixe é descartado durante seu processamento, o que inclui cabeças (9–12%), vísceras (12–18%), pele (1–18%), ossos (9–15%) e escamas (5%) (GEHRING et al., 2011), (GILMAN et al., 2020).

Dentre os subprodutos descartados, as escamas, devido a sua composição química, destacam-se com grande potencial de aproveitamento. As escamas são compostas de 41% a 45% por componentes orgânicos (colágeno, gordura, lecitina, esclerotina, vitaminas, etc.) e de 38% a 46% por componentes inorgânicos (hidroxiapatita deficiente em cálcio, cálcio, fosfato, etc.) e oligoelementos

como magnésio, ferro, zinco, cálcio (CHINH et al., 2019), (HOL`A et al., 2011). A conversão de escamas de peixe, consideradas resíduos sendo muitas vezes descartadas, em materiais funcionais pode evitar o desperdício de recursos e alcançar grande valor comercial.

As escamas podem possuir certas propriedades adsortivas (RIBEIRO et al., 2015), que podem ser capazes de favorecer em termos de resistência mecânica materiais cimentícios compostos com produtos gerados a partir desses resíduos.

No setor da construção civil, são poucos os estudos desenvolvidos com os resíduos da pesca, os existentes abordam sobre o uso das escamas ou da hidroxiapatita, destacando as pesquisas de Oluchiri et al., (2019); Simsek, (2022) e Songtao et al., (2021).

O uso de um pó a base de escamas de peixe como adição em materiais cimentícios pode contribuir para a sustentabilidade, com a redução das emissões de CO<sub>2</sub> por m<sup>3</sup> de material cimentício produzido e com o aproveitamento do resíduo das escamas de peixe geradas pela indústria do pescado, de forma a obter um novo material com melhores propriedades mecânicas, devido às características de adsorção encontradas nas escamas, que seriam capazes de proporcionar uma cura interna mais lenta ao concreto, devido ao aprisionamento da água da mistura.

O presente estudo caracterizou a escama da tilápia do Nilo, após processamentos para obtenção de um pó fino, na sequência, avaliou a consistência e a resistência mecânica à compressão de concretos produzidos com a adição desse pó nas porcentagens de 2,5%, 5%, 7,5% e 10% comparando os resultados com um concreto de referência.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 ESCAMAS DE PEIXE

As escamas de peixe foram fornecidas pela Indústria de processamento de pescado Mar e Terra, localizada no município de Itaporã – MS.

Esse resíduo, atualmente não possui nenhum tipo de aproveitamento indo diretamente para o aterro sanitário. De acordo com dados fornecidos pela indústria, até final de 2022 estavam sendo abatidos em média 20 mil peixes por dia que equivalem a aproximadamente 1,6 toneladas de Tilápia do Nilo, ainda, conforme a indústria, o resíduo da escama equivale a cerca de 3,2% do peso vivo do pescado, logo estima-se que sejam gerados por mês, em torno de 10 toneladas de escamas.

Figura 1 - Coleta das escamas descartadas pela indústria



Fonte: Autor

As escamas foram coletadas todas no dia 16 de março de 2022 e foram submetidas, já na Universidade, a um pré-tratamento para remoção do odor. O resíduo foi submetido a um processo de lavagem no qual foi utilizado apenas água potável e agitador mecânico (betoneira). A lavagem foi realizada até o momento em que a troca de água tivesse aparência límpida.

Figura 2 - Lavagem das escamas



Fonte: Autor

Após lavada, as escamas foram secadas ao sol e armazenadas em sacos herméticos e impermeáveis para evitar contaminação e absorção da umidade do ar.

Figura 3 - Secagem ao sol



Fonte: Autor

Figura 4 - Escamas secas ao sol



Fonte: Autor

Figura 5 - Escamas secas ao sol armazenadas



Fonte: Autor

O resíduo pré-tratado foi seco em estufa durante 24 horas, sob temperatura de  $100 \pm 5$  °C a fim de adquirir constância em massa e novamente ensacados.

Posteriormente as escamas foram moídas em moinho de facas (após tentativas fracassadas de moagem em moinho de bolas esféricas) para obtenção de um pó fino e homogêneo, sendo armazenado em sacos plásticos.

Figura 6 - Escamas secas em estufa



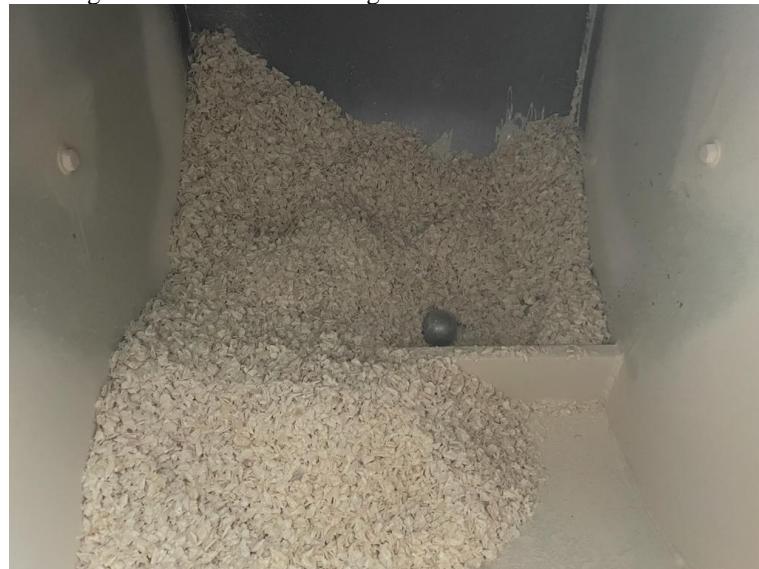
Fonte: Autor

Figura 7 - Escamas sendo moídas em moinho de bolas cerâmicas



Fonte: Autor

Figura 9 - Ineficácia da moagem utilizando moinho de bolas



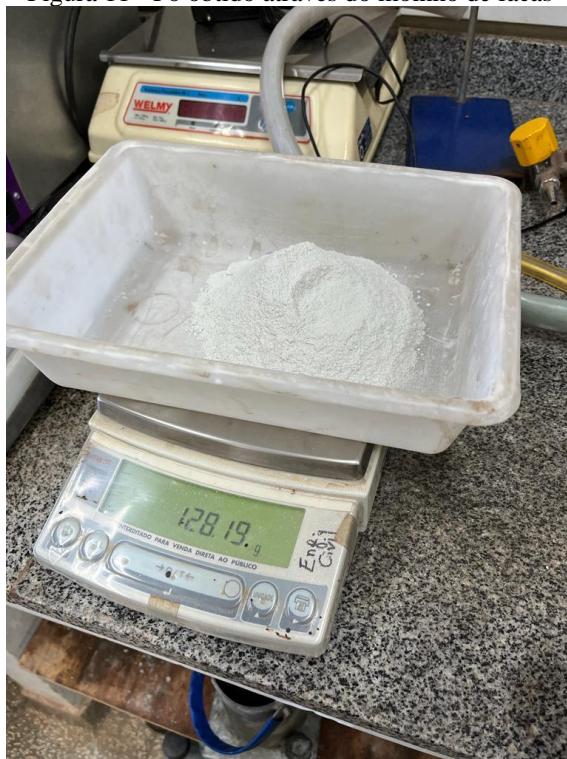
Fonte: Autor

Figura 10 - Escamas sendo moídas em moinho de facas



Fonte: Autor

Figura 11 - Pó obtido através do moinho de facas



Fonte: Autor

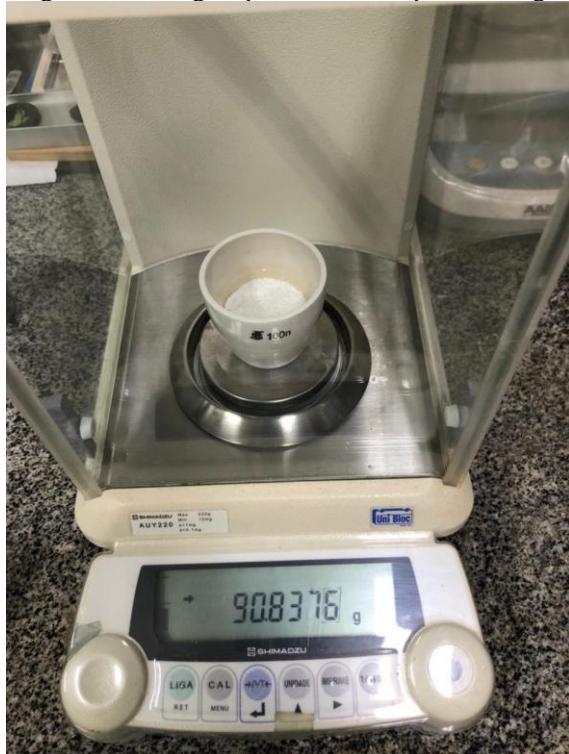
O pó resultante foi submetido ao ensaio de perda ao fogo, sendo queimado em mufla a  $1000 \pm 5^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas.

Figura 12 - Pó da escama sendo queimado em mufla



Fonte: Autor

Figura 13 - Pesagem para cálculo da perda ao fogo



Fonte: Autor

Nesse estudo foi caracterizado por meio da difração de Raio (DRX), uma amostra do pó da escama da Tilápis queimada em mufla  $1000 \pm 5$  °C durante 24 horas.

A Difração de Raio (DRX) é usada para determinações da estrutura cristalina e do espaçamento interplanar. Um feixe de raios X direcionado sobre um material cristalino pode sofrer difração (interferência construtiva) como resultado da sua interação com uma série de planos atômicos paralelos. A lei de Bragg especifica a condição para a difração dos raios X, relacionando o comprimento de onda dos raios X e o espaçamento interatômico ao ângulo do feixe difratado. (CALLISTER; RETHWISCH, 2012).

O resultado é apresentado em um gráfico conhecido por difratograma, tendo como variáveis o ângulo e a intensidade dos picos difratados. Os picos de alta intensidade ocorrem quando a condição de difração de Bragg é satisfeita por algum conjunto de planos cristalográficos (CALLISTER; RETHWISCH, 2012). Cada estrutura cristalina possui um padrão característico de difração. A interpretação do difratograma se faz com base em um banco de dados no qual é realizada comparações com os padrões produzidos por estruturas cristalinas já conhecidas e, previamente analisadas.

## 2.2 AGREGADOS

Os agregados miúdos são as areias de origem natural (encontradas na natureza sob a forma definitiva de utilização) ou resultante do britamento de rochas estáveis, ou mistura de ambas, cujos grãos passam pela peneira ABNT 4,8 mm e ficam retidos na peneira ABNT 0,075 mm. Já os agregados graúdos são os pedregulhos ou a brita proveniente de rochas estáveis, ou mistura de ambos, cujos grãos passam pela peneira de malha quadrada com abertura nominal de 152 mm e ficam retidos na peneira ABNT 4,8 mm (NBR 7211/2009).

Foi utilizado como agregado miúdo a areia quartzos. Nela foram realizados os ensaios de massa específica conforme NBR NM 52/2009 e de granulometria utilizando agitador de peneiras mecânico (Figura 1) seguindo as prescrições da NBR NM 248/2003, sendo desenvolvida a sua curva granulométrica e determinado o módulo de finura e o diâmetro máximo característico (DMC) do agregado.

Como agregado graúdo utilizou-se brita basáltica. Nela foram realizados os ensaios de massa específica conforme NBR NM 53/2009 e de granulometria utilizando agitador de peneiras mecânico seguindo as prescrições da NBR NM 248/2003, sendo desenvolvida sua curva granulométrica e determinado o diâmetro máximo característico (DMC) do agregado.

## 2.3 CIMENTO

O cimento utilizado na presente pesquisa foi o cimento Portland CPV ARI (Cimento de alta resistência inicial) produzido pela Cimento Nacional, de massa específica aparente 1,2g/cm<sup>3</sup> e densidade 2,99g/cm<sup>3</sup> de acordo com o fabricante.

O cimento Portland CPV ARI tem como características principais a cura rápida e a alta resistência inicial, normalmente é utilizado quando se necessita de rápida desforma. A escolha se deu devido à ausência em sua composição de escória e material pozolânico, a fim de não interferir nos resultados da pesquisa. De acordo com a NBR 16697/2018 a composição em massa desse cimento deve ficar entre teores de 90 a 100% de clínquer e sulfato de cálcio, com a adição de até 10% de material carbonático.

## 2.4 ÁGUA

Foi empregada água potável, disponível pela Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul (SANESUL). De acordo com ABNT NBR 15900-1/2009, a água de abastecimento público é considerada adequada para uso em concreto e não necessita ser ensaiada.

## 2.5 PRODUÇÃO DOS CONCRETOS

O presente estudo confeccionou corpos de prova de concreto com adição de pó da escama da Tilápia do Nilo, em teores de 2,5%, 5%, 7,5% e 10% além de uma amostra para controle (sem pó).

Os corpos de prova foram preparados no Laboratório de Engenharia de Produto e Processo (LEPP) com concreto convencional de traço de referência 1:2,1:2,92 (cimento:areia:brita) com relação água/cimento igual a 0,7 sem uso de aditivos. A adição do pó da escama da Tilápia se deu em peso.

Tabela 1 – Traço utilizado conforme teor de adição de pó da escama no concreto

Pó de escama (g)	Cimento (kg)	Areia (kg)	Brita 1 (kg)	Água (L)
0	1	2,1	2,92	0,7
25	1	2,1	2,92	0,7
50	1	2,1	2,92	0,7
75	1	2,1	2,92	0,7
100	1	2,1	2,92	0,7

(Fonte: Autor)

Para execução dos corpos de prova de concreto os agregados utilizados foram previamente secos em estufa durante 24 horas a  $100 \pm 5$  °C.

Figura 14 - Agregados sendo secos em estufa



Fonte: Autor

Inicialmente, definiu-se um padrão de mistura na seguinte ordem: brita, areia, metade da água, agitação por aproximadamente 30s na betoneira, cimento, pó da escama, restante da água e agitação por 4 minutos.

Percebeu-se que o pó da escama apresentava grande dificuldade em se dissolver e homogeneizar na mistura de concreto, provavelmente devido às características de adsorção do material. Desse modo, optou-se por fazer uma pré-dissolução do pó com uma parcela da água da mistura, a fim de facilitar posteriormente a homogeneização de todos os materiais. Ficando da seguinte ordem: brita, areia, metade da água, agitação por aproximadamente 30s na betoneira, cimento, mistura do pó da escama com pequena parcela de água, restante da água e agitação por 4 minutos.

Figura 15 - Produção dos concretos



Fonte: Autor

Após o preparo do concreto, realizou-se o ensaio de abatimento de tronco de cone (slump test) conforme ABNT NBR NM 67/1998, a fim de avaliar a consistência dos concretos recém preparados, e logo em seguida, a moldagem dos corpos de prova cilíndricos de 10x20 cm conforme ABNT NBR NM 5738/2015.

Figura 16 - Ensaio de abatimento de tronco de cone (Slump)



Fonte: Autor

Figura 17 - Corpos de prova moldados



Fonte: Autor

Para cada traço, foram moldados 6 corpos de prova que foram desmoldados após 24 horas e separados conforme o tipo de cura. 3 foram submetidos à cura úmida (imersos em água) e 3 à cura seca (ao ar dentro do laboratório) onde permaneceram até o momento de sua retificação e ruptura.

Figura 18 - Corpos de prova desmoldados



Fonte: Autor

Figura 19 - Corpos de prova sob cura úmida



Fonte: Autor

No dia do rompimento, os corpos de prova a serem ensaiados foram levados para uma retífica, e com o uso do paquímetro obtidas suas dimensões com precisão.

Figura 20 - Corpo de prova sendo retificado



Fonte: Autor

O rompimento ocorreu de acordo com as prescrições da ABNT NBR 5739/2018, nas idades recomendadas de 7, 28 e 91 dias em prensa hidráulica. Com os dados obtidos do ensaio de compressão e tendo as dimensões de cada corpo de prova foi calculada a resistência à compressão dos concretos.

Figura 21 - Corpos de prova sendo ensaiados à compressão



Fonte: Autor

Posteriormente, calculou-se a média dos resultados, o desvio padrão e a avaliação do coeficiente de variação dos ensaios seguindo as recomendações da NBR 5739/2018 em seu anexo B.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 ENSAIO DE PERDA AO FOGO DO PÓ DA ESCAMA

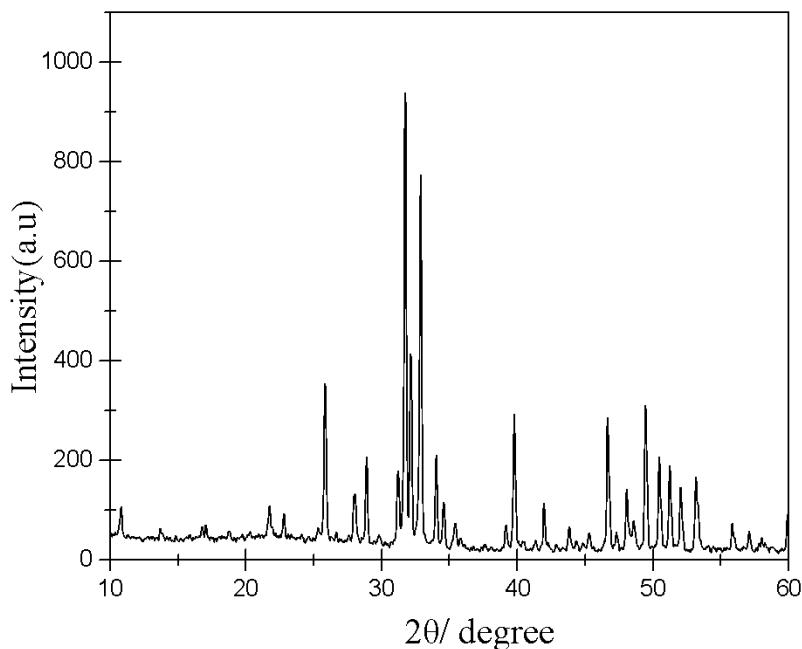
O pó resultante foi submetido ao ensaio de perda ao fogo, sendo queimado em mufla a 1000º Célsius durante 24 horas resultando em perca de 8,5%.

#### 3.2 ENSAIO DE DIFRAÇÃO DE RAIO X

Com os resultados do ensaio de DRX, foi obtido as informações cristalográficas e gerado, com auxílio de um software de análise de dados e gráficos (Origin), o difratograma (Figura 24).

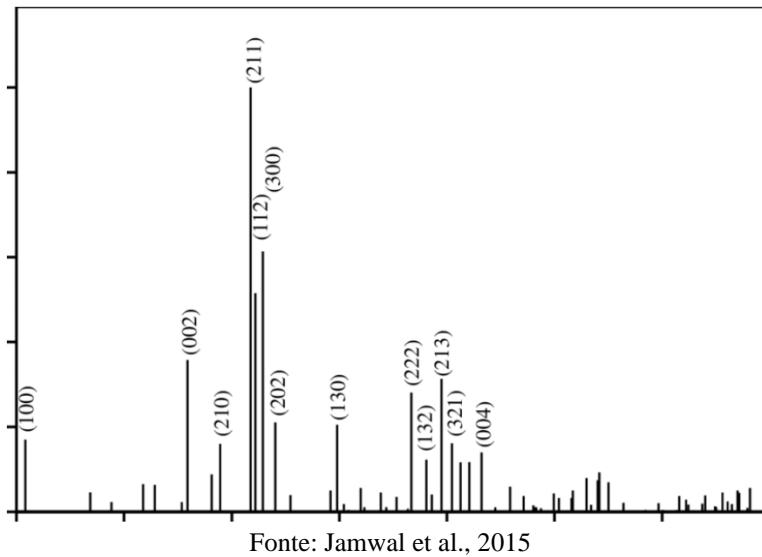
A partir da análise do gráfico, temos que o plano cristalográfico para a amostra de pó da escama da Tilapia foi similar à fase hidroxiapatita de acordo com o banco de dados padrão do ICDD (cartão nº 01-074-0566) (Figura 25), o que já era esperado tendo em vista a revisão de literatura realizada.

Figura 22 – Difratograma obtido por meio do ensaio de DRX do pó da escama da Tilápie



Fonte: Autor

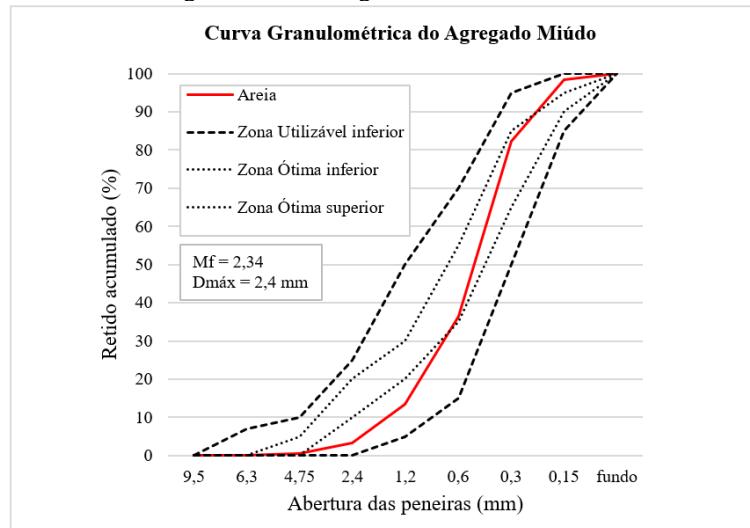
Figura 23 – DRX de ICDD ref: 01-074-0566



### 3.3 ENSAIO DE GRANULOMETRIA DOS AGREGADOS

Os ensaios realizados na areia, mostraram que a mesma apresenta massa específica de 2,69 g/cm<sup>3</sup>, com diâmetro máximo característico 2,4 mm e, módulo de finura de 2,34. A dimensão dos grãos compreende principalmente entre 0,3 a 1,2 mm, de forma que podemos classificar o agregado como uma areia média.

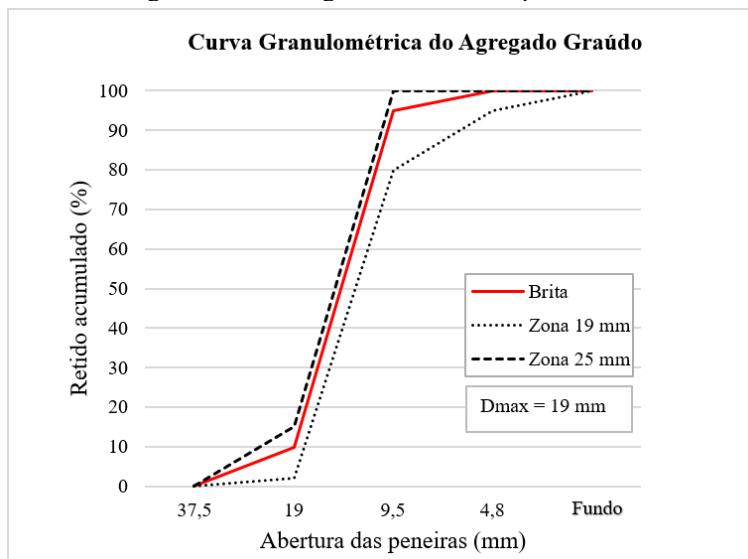
Figura 24 - Curva granulométrica da areia



Fonte: Autor

Os ensaios realizados com a pedra brita resultaram em valores de massa específica 2,86 g/cm<sup>3</sup> e, diâmetro máximo característico 19 mm. A dimensão dos grãos varia principalmente entre 9,5 mm a 19 mm, podendo ser classificada como brita 1.

Figura 25 - Curva granulométrica da pedra brita



Fonte: Autor

### 3.4 ENSAIO DE ABATIMENTO DO CONCRETO (SLUMP TEST)

Os valores dos abatimentos são apresentados na Tabela 2. Verificou-se que, conforme o aumento no teor de adição do pó da escama da Tilápia há redução no slump do concreto, ou seja, na sua consistência, isso pode estar relacionado com a propriedade de adsorção presentes na composição das escamas.

Dessa forma, para se manter um mesmo slump seriam necessárias alterações na relação água/cimento ou o uso de aditivo plastificante, ou seja, existiria um maior custo na produção.

Tabela 2 - Resultados de slump conforme teor de pó de escama no concreto

Teor de escama (%)	Abatimento (mm)
0	135
2,5	105
5	85
7,5	70
10	45

(Fonte: Autor)

### 3.5 RESISTÊNCIA MECÂNICA À COMPRESSÃO

No Quadro 2 são apresentados: o teor de adição do pó da escama no concreto, o tipo de cura, a resistência mecânica a compressão de cada corpo de prova, a resistência média para cada traço, o desvio padrão, o coeficiente de variação do ensaio e sua avaliação.

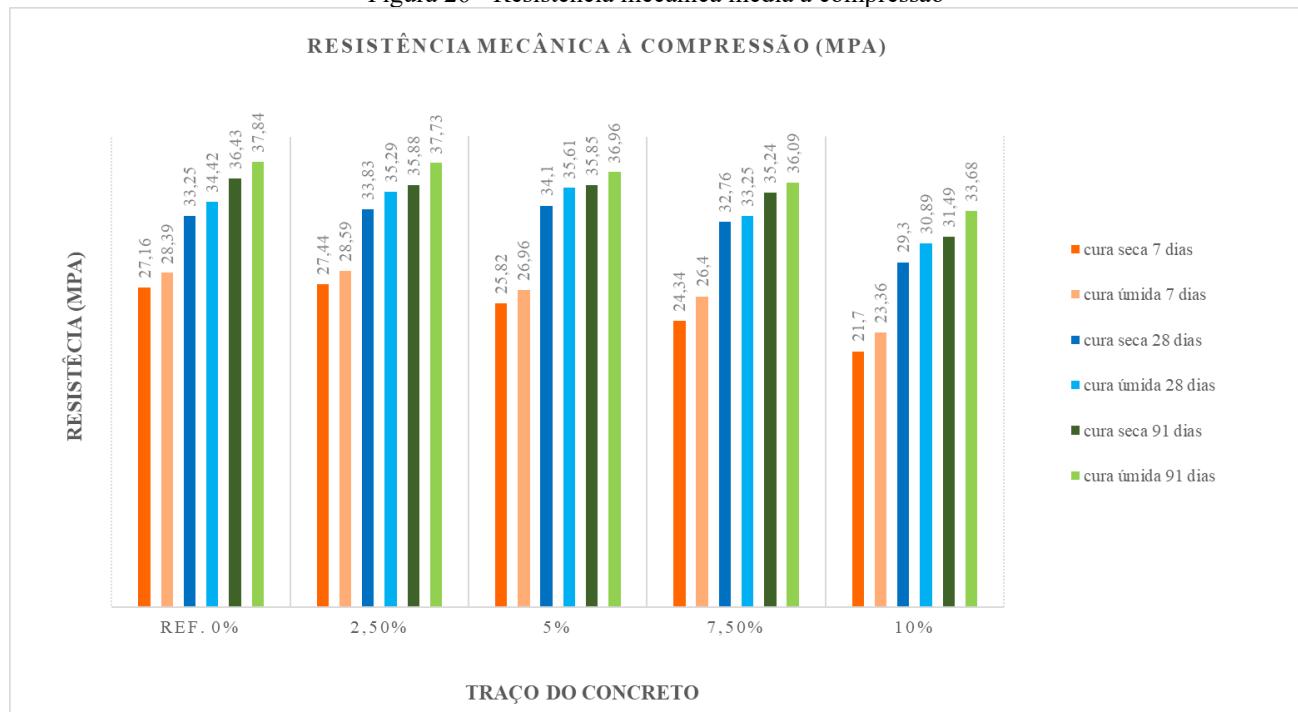
Quadro 2 - Resultados dos ensaios referentes à Resistência mecânica a compressão

		Resistência a compressão (MPa)					
Traço do concreto		Idade de rompimento e tipo de cura					
		7 dias		28 dias		91 dias	
		cura seca	cura úmida	cura seca	cura úmida	cura seca	cura úmida
Ref. 0%	CP1	25,94	29,41	34,65	33,39	34,95	37,95
	CP2	28,20	27,16	32,80	35,25	37,83	36,74
	CP3	27,33	28,61	32,30	34,62	36,52	38,82
	<b>Resistência média</b>	<b>27,16</b>	<b>28,39</b>	<b>33,25</b>	<b>34,42</b>	<b>36,43</b>	<b>37,84</b>
	<b>Desvio padrão</b>	1,14	1,14	1,24	0,95	1,44	1,04
	<b>Coef. de variação (CV)</b>	4,20	4,02	3,72	2,75	3,96	2,76
	<b>Avaliação do CV</b>	Bom	Bom	Muito bom	Excelente	Muito bom	Excelente
2,5%	CP1	28,53	29,72	34,81	36,42	36,73	37,89
	CP2	27,15	28,12	34,43	35,81	36,84	38,23
	CP3	26,64	27,94	32,25	33,65	34,08	37,08
	<b>Resistência média</b>	<b>27,44</b>	<b>28,59</b>	<b>33,83</b>	<b>35,29</b>	<b>35,88</b>	<b>37,73</b>
	<b>Desvio padrão</b>	0,98	0,98	1,38	1,46	1,56	0,59
	<b>Coef. de variação (CV)</b>	3,56	3,43	4,08	4,12	4,35	1,57
	<b>Avaliação do CV</b>	Muito bom	Muito bom	Bom	Bom	Bom	Excelente
5,0%	CP1	25,20	26,47	33,69	35,75	37,10	35,55
	CP2	25,32	28,20	35,56	36,12	35,30	38,20
	CP3	26,95	26,21	33,05	34,96	35,15	37,12
	<b>Resistência média</b>	<b>25,82</b>	<b>26,96</b>	<b>34,10</b>	<b>35,61</b>	<b>35,85</b>	<b>36,96</b>
	<b>Desvio padrão</b>	0,98	1,08	1,30	0,59	1,09	1,33
	<b>Coef. de variação (CV)</b>	3,79	4,01	3,82	1,66	3,03	3,61
	<b>Avaliação do CV</b>	Muito bom	Bom	Muito bom	Excelente	Muito bom	Muito bom
7,5%	CP1	24,81	26,81	33,26	33,95	35,80	36,94
	CP2	23,90	25,78	32,47	32,59	35,20	34,87
	CP3	24,32	26,62	32,55	33,20	34,71	36,45
	<b>Resistência média</b>	<b>24,34</b>	<b>26,40</b>	<b>32,76</b>	<b>33,25</b>	<b>35,24</b>	<b>36,09</b>
	<b>Desvio padrão</b>	0,46	0,55	0,43	0,68	0,55	1,08
	<b>Coef. de variação (CV)</b>	1,87	2,08	1,33	2,05	1,55	3,00
	<b>Avaliação do CV</b>	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
10,0 %	CP1	20,75	22,45	28,79	29,85	32,23	34,64
	CP2	22,84	24,10	30,42	30,69	30,68	32,82
	CP3	21,52	23,54	28,69	32,13	31,55	33,58
	<b>Resistência média</b>	<b>21,70</b>	<b>23,36</b>	<b>29,30</b>	<b>30,89</b>	<b>31,49</b>	<b>33,68</b>
	<b>Desvio padrão</b>	1,06	0,84	0,97	1,15	0,78	0,91
	<b>Coef. de variação (CV)</b>	4,87	3,59	3,31	3,73	2,47	2,71
	<b>Avaliação do CV</b>	Bom	Muito bom	Muito bom	Muito bom	Excelente	Excelente

(Fonte: Autor)

Na Figura 26 são apresentados: o teor de adição do pó da escama no concreto, o tipo de cura, a resistência mecânica média para cada traço a fim de facilitar a análise e interpretação dos dados obtidos.

Figura 26 - Resistência mecânica média à compressão



Fonte: Autor

Os resultados mostraram que, conforme esperado, o concreto quando curado submerso em água apresenta sempre melhores resultados que quando curado ao ar.

Adições do pó de escamas em até 2,5% apresentaram para 7 e 28 dias, ganho de resistência comparado com a amostra de referência.

Para teor de adição de 5% não houve reduções significativas na resistência comparado com a amostra de referência, sendo que para idade de 28 dias ocorreu até mesmo um pequeno incremento, os concretos curados ao ar tiveram ganho de resistência de 2,5% e, quando curado submerso em água esse incremento foi de 3,34%.

O aumento da resistência pode estar relacionado com as características de adsorção encontradas nas escamas que seriam capazes de proporcionar uma cura interna mais lenta ao concreto devido ao aprisionamento da água da mistura.

Dessa forma, além de melhorar a resistência mecânica nos concretos, o uso de pó de escama de peixe Tilápis do Nilo como adição no concreto pode contribuir também para a sustentabilidade do

setor da indústria de pescado com o aproveitamento desse material que na maioria das vezes é apenas descartado nos lixões.

#### **4 CONCLUSÃO**

Tendo em vista as emissões de CO<sub>2</sub> por parte da indústria cimenteira e a crescente produção anual de resíduos do pescado, que geralmente é apenas descartado no ambiente, aliado as crescentes discussões dos impactos ambientais, esse estudo fez o tratamento e a incorporação das escamas da Tilápis do Nilo em forma de pó em materiais cimentícios.

O resíduo foi coletado na Indústria Mar e Terra de abate de pescados em Itaporã – MS, submetido a tratamentos de lavagem, secagem e moagem para obtenção de um pó fino. Na sequência, foram avaliadas a consistência no estado fresco e, a resistência mecânica a compressão do concreto confeccionado com adição do pó das escamas em teores variando até 10%.

Verificou-se que, com a realização do tratamento nas escamas, foi possível transformar o que era resíduo em um material útil para o uso em compostos cimentícios. O concreto produzido com o pó da escama necessita de um maior teor de água, ou uso de aditivo plastificante para manter a mesma consistência que o concreto sem esse pó. Com relação as propriedades relativas à resistência, os corpos de prova com até 2,5% de adição do pó da escama da Tilápis do Nilo, apresentaram os melhores resultados. Nesses teores, na idade de 7 e 28 dias, o uso do pó da escama, proporcionou um material com maior resistência mecânica aos esforços de compressão comparado com o concreto de referência.

Assim, a incorporação do pó das escamas no concreto pode ser uma alternativa interessante e viável para a produção de concretos sustentáveis, mas é importante ressaltar que seu uso ainda é um campo de pesquisa em desenvolvimento, sendo necessários mais estudos a fim de avaliar a segurança e a eficácia dessa técnica em larga escala na construção civil. Todavia, pode-se esperar que em um futuro próximo exista uma parceria entre esses dois grandes setores: da pesca e da indústria cimenteira, de maneira a viabilizar o desenvolvimento de um novo produto cimentício sustentável.

#### **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais por darem-me as condições necessárias e o apoio para ingressar e continuar meus estudos. A todos que colaboraram e fizeram parte dessa pesquisa.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

## REFERENCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCICULTURA (PEIXE BR). Anuário peixe br da piscicultura 2024. São Paulo. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 52/2009: Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 53/ 2009: Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 67/1998: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 248/2003: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 5738/2015 versão corrigida:2016: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 5739/2018: Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 7211/2009: Agregado para concreto. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15900-1/2009: Água para amassamento do concreto. Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 16697/2018: Cimento Portland - Requisitos. Rio de Janeiro, 2018.

CHINH, N.T.; MANH, V.Q.; TRUNG, V.Q.; LAM, T.D.; HUYNH, M.D.; TUNG, N.Q.; TRINH, N. D.; HOANG, T. Characterization of collagen derived from tropical freshwater Carp fish scale wastes and its amino acid sequence. Nat. Prod. Commun. 14 (7). 2019.

CALLISTER, W. D. JR; RETHWISCH, D. G. Ciência e engenharia de materiais: uma introdução. 1940. tradução Sergio Murilo Stamile Soares; revisão técnica José Roberto Moraes d'Almeida. Rio de Janeiro: LTC, 2012. Tradução de: Materials Science and engineering: na introduction, 8th ed.

CIMENTO.ORG. O Mercado do Cimento Brasil em 2022. Brasília. 2023. Disponível em: <https://cimento.org/o-mercado-do-cimento-brasil-em-2022> Acessado em: 14/07/2024

GEHRING, CK; GIGLIOTTI, JC; MORITZ, JS; TOU, JC; JACZYNSKI, J. Características funcionais e nutricionais de proteínas e lipídios recuperados por processamento isoelétrico de subprodutos de peixe e peixe de baixo valor: uma revisão. Química Alimentar. 124 (edição 2), 422–431. 2011. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.06.078>.

GILMAN, E.; PEREZ RODA, A.; HUNTINGTON, T.; KENNELLY, SJ; SUURONEN, P.; CHALOUPKA, M.; MEDLEY, PAH. Benchmarking global de devoluções da pesca. ciênc. Rep. 10 (1). 2020. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-71021-x>.

HOL'A, M.; KALVODA, J.; NOV'AKOV'A, H.; SKODA, R.; KANICKÝ, V. Possibilities of LA-ICP-MS technique for the spatial elemental analysis of the recent fish scales: Line scan vs. depth profiling, Appl. Surf. Sci. 257 (6). 1932–1940. 2011.

JAMWAL, D; KAUR, G; RAIZADA, P; SINGH, P; PATHAK, D; THAKUR, P. Peculiaridade do surfactante de cauda dupla na fabricação superficial de pontos quânticos semicondutores: em direção características estruturais, ópticas e elétricas. J. Phys. C 119 (2015) 5062–5073.

OLUCHIRI, T. O. Performance Of Compressed Lightweight Concrete Manufactured Using A Blend Of Sawdust, Fish Scales And Sand Aggregates. International Journal of Advanced Research and Publications. ISSN: 2456-9992. Volume 3 Issue 10, october 2019.

RIBEIRO, C.; SCHEUFELE, F.B.; ESPINOZA-QUIÑONES, F.R.; MÓDENES, A.N.; DA SILVA, M.G.C.; VIEIRA, M.G.A.; BORBA, C.E. Characterization of Oreochromis niloticus fish scales and assessment of their potential on the adsorption of reactive blue 5G dye. 2015. Colloid Surface A. 482, 693-701. 2015.

SIMSEK, B. Investigation of self-healing ability of hydroxyapatite blended cement paste modified with graphene oxide and silver nanoparticles. Construction and Building Materials, Volume 320, 21 February 2022, 126250 DOI <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.126250> 2022-02

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO (SNIC): ROADMAP tecnológico do cimento: potencial de redução das emissões de carbono da indústria do cimento brasileira até 2050 / coordenado por Gonzalo Visedo e Marcelo Pecchio. Rio de Janeiro: SNIC, 2019 64 p.

SONGTAO, L.; LONG, H.; CHENGDONG, X; BORGES, C. M.; YANPENG, G.; CHAOCHAO, L.; LINGYUN, Y. Recycling fish scale powder in improving the performance of asphalt: A sustainable utilization of fish scale waste in asphalt. Journal of Cleaner Production. 2021-03. DOI link: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125682>

SUPREMO TRIBUNAL FEDERAL (STF). Agenda 2030. Disponível em: <https://portal.stf.jus.br/hotsites/agenda-2030/> Acessado em: 13/07/2024