



ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DO CONCRETO COM USO DO CIMENTO CP IV - RS QUANDO SUBMETIDO AO MEIO ÁCIDO DE ORIGEM ANIMAL

LINDENMAYER, Renan¹
PERES, Maria Vânia Nogueira do Nascimento²

RESUMO: O concreto é o material mais utilizado na construção civil pela sua versatilidade e durabilidade. Entretanto, quando exposto a ambientes agressivos, em especial em meios ácidos de origem animal, como os presentes na suinocultura, sua vida útil pode ser reduzida. Diante disso, este trabalho tem como objetivo analisar a resistência do concreto produzido com cimento CP IV – RS, aplicado em pisos vazados utilizados em granjas de suínos, quando submetidos a esse meio agressivo. A pesquisa foi desenvolvida por meio de ensaios laboratoriais de resistência à flexão de pisos elevados de concreto, realizados segundo a NBR 15805 (ABNT, 2015), em amostras coletadas em granjas da região de Cascavel – PR, com diferentes idades de uso (1, 2, 3, 4, 5 anos) e em uma peça de referência com 28 dias. Os resultados esperados consistem em avaliar o desempenho do cimento CP IV – RS frente ao ataque químico, verificando a degradação mecânica em termos de resistência e comparando com a peça de referência, além de verificar as condições do piso ao longo do tempo. A metodologia segue ainda as diretrizes da norma NBR 16697 (ABNT, 2018), possibilitando a análise comparativa entre o comportamento experimental e o desempenho esperado para estruturas em ambientes agressivos. Conclui-se que este estudo contribuirá para ampliar o conhecimento técnico-científico acerca da durabilidade de pisos vazados em suinocultura, ao demonstrar que as peças comparadas não sofreram perda de resistência mecânica ao longo dos anos e apresentaram apenas corrosão superficial mínima.

Palavras-chave: Concreto, Cimento CP IV – RS, Piso vazado, Suinocultura, Meio ácido.

1. INTRODUÇÃO

Na construção civil, o concreto destaca-se por sua ampla aplicabilidade e desempenho estrutural. Contudo, sua durabilidade pode ser comprometida em situações em que há exposição contínua a agentes químicos agressivos. Em sistemas de suinocultura, por exemplo, os pisos de concreto permanecem sujeitos à ação de urina e fezes, que liberam compostos como ácidos orgânicos, sulfatos e amônia, alterando o equilíbrio químico da matriz cimentícia. Esses compostos reagem com os produtos de hidratação do cimento, ocasionando lixiviação, perda de alcalinidade e aumento da porosidade, o que resulta em redução progressiva da resistência mecânica do material (NEVILLE, 1997; MEHTA e MONTEIRO, 2014).

¹Renan Augusto Israel Lindenmayer, Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel - PR. E-mail: railindenmayer@minha.fag.edu.br.

²Maria Vânia Nogueira do Nascimento Peres, Mestre, Engenheira Civil, Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel – PR.



No contexto da produção suinícola, os pisos vazados exercem papel essencial no manejo de dejetos, ao permitir seu escoamento e facilitar a limpeza das instalações. Entretanto, a exposição constante ao meio ácido e úmido favorece a formação de produtos expansivos, como a etringita, que contribuem para o surgimento de trincas e desagregação superficial. A NBR 12655 (ABNT, 2015) classifica esses ambientes como de agressividade elevada, recomendando cuidados específicos na escolha dos materiais e na formulação do concreto. Estudos realizados por Helene e Andrade (1993) e Medeiros e Helene (2009) também destacam que o uso de cimentos com adições pozolânicas, como o CP IV – RS, tende a melhorar o desempenho e a durabilidade em meios quimicamente agressivos, conforme os critérios definidos na NBR 16697 (ABNT, 2018).

Diante disso, a escolha adequada do tipo de cimento é fundamental para garantir a durabilidade e o desempenho desses elementos estruturais. O cimento CP IV – RS, devido às suas características pozolânicas e resistência a sulfatos, apresenta potencial para maior desempenho em ambientes agressivos, como os encontrados em granjas suinícias.

Portanto, este trabalho busca analisar a resistência de pisos vazados produzidos com cimento CP IV – RS quando submetidos ao meio ácido de origem animal, visando compreender a perda de resistência ao longo do tempo e sua viabilidade prática em condições reais de uso.

Para tanto, foram propostos os seguintes objetivos específicos:

- a) Realizar ensaios laboratoriais de resistência conforme as normativas técnicas aplicáveis;
- b) Determinar a resistência à flexão de pisos vazados em diferentes idades (28 dias, 1, 2, 3, 4 e 5 anos);
- c) Avaliar as condições atuais de pisos instalados em granjas de suínos;
- d) Comparar os resultados laboratoriais com os dados obtidos em campo, analisando o comportamento do concreto diante do ataque ácido.



2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Composição e desempenho do concreto

O concreto é um dos materiais mais utilizados na construção civil devido à sua versatilidade, resistência e custo relativamente baixo. Sua composição básica é formada por cimento Portland, água, agregados graúdos e miúdos, podendo receber adições minerais e aditivos químicos com o objetivo de modificar propriedades específicas, como resistência, permeabilidade e trabalhabilidade (MEHTA e MONTEIRO, 2014).

A proporção adequada entre esses materiais é determinante para o desempenho estrutural e durabilidade do concreto. Segundo Neville (1997), o parâmetro mais influente é a relação água/cimento (a/c) — quanto menor essa relação, menor será a porosidade e, consequentemente, maior será a durabilidade da estrutura. Essa diretriz é reforçada pela NBR 12655 (ABNT, 2015), que recomenda o controle rigoroso da a/c em concretos expostos a ambientes de agressividade elevada.

Além disso, o processo de cura exerce papel essencial na formação do gel de silicato de cálcio hidratado (C–S–H), responsável pela resistência e coesão da matriz cimentícia. O uso de adições minerais como sílica ativa, cinza volante e metacaulim favorece reações pozolânicas que consomem o hidróxido de cálcio livre e reduzem a permeabilidade, o que é desejável em ambientes ácidos (MEDEIROS e HELENE, 2009).

A durabilidade do concreto também depende da conformidade com normas de controle de qualidade, como a NBR NM 248 (ABNT, 2003), que estabelece a caracterização granulométrica dos agregados. O atendimento a essas normas garante uniformidade e confiabilidade dos resultados.

Portanto, compreender a composição e o comportamento do concreto frente a ambientes agressivos é fundamental para o desenvolvimento de materiais mais duráveis, especialmente em instalações agroindustriais e suinícias, onde há intensa presença de agentes químicos corrosivos.



2.2 Cimento Portland

O cimento Portland é o principal aglomerante empregado na construção civil, sendo obtido a partir da moagem de clínquer e gesso, podendo conter adições minerais que modificam seu comportamento químico. Entre as variedades existentes, destacam-se o CP II-F (com fíler calcário), o CP III (alto-forno), o CP IV (pozolânico) e o CP V (alta resistência inicial), conforme especificações da NBR 16697 (ABNT, 2018).

Dentre esses tipos, o CP IV – RS (Cimento Portland Pozolânico Resistente a Sulfatos) se destaca pelo seu elevado teor de materiais pozolânicos e pela resistência à ação de íons sulfato, sendo indicado para obras expostas a ambientes agressivos. A designação RS (Resistente a Sulfatos) refere-se à sua capacidade de reduzir a expansão causada por reações químicas deletérias entre sulfatos e aluminatos presentes no cimento (NEVILLE, 1997).

A presença de adições pozolânicas, como cinza volante e metacaulim, possibilita a reação pozolânica — uma reação química entre o dióxido de silício (SiO_2) e o hidróxido de cálcio $[Ca(OH)_2]$ liberado na hidratação do cimento, resultando na formação de mais C–S–H, composto de alta estabilidade e baixa solubilidade (MEHTA e MONTEIRO, 2014). Essa reação diminui a quantidade de hidróxido de cálcio livre, responsável pela vulnerabilidade do concreto a meios ácidos, aumentando sua durabilidade.

De acordo com a NBR 16697 (ABNT, 2018), o CP IV deve apresentar propriedades físicas e químicas específicas, como limite máximo de expansão de 0,8%, teor mínimo de pozolanas e resistência mecânica mínima de 25 MPa aos 7 dias e 32 MPa aos 28 dias. Tais características conferem a esse cimento desempenho superior em ambientes agressivos.

Lima *et al.* (2018) demonstraram experimentalmente que concretos com adições pozolânicas apresentam menor perda de massa e resistência à compressão superior após exposição a soluções de ácido sulfúrico e ácido nítrico. Araújo e Santos (2015) também concluíram que o uso do CP IV – RS resulta em menor deterioração superficial e maior resistência à flexão, reforçando sua aplicabilidade em pisos de suinocultura.

Além disso, o uso combinado de aditivos impermeabilizantes e hidrofugantes pode potencializar a durabilidade do concreto. Medeiros e Helene (2009) e Neville (1997) destacam que a impermeabilidade é o fator mais crítico para evitar a penetração de agentes agressivos.



Assim, a adoção do CP IV – RS, associada a uma adequada proporção de aditivos e controle tecnológico, constitui uma solução eficiente para concretos expostos a condições severas.

2.3 Agressividade química em ambientes de suinocultura

O ambiente típico de granjas de suínos é considerado um dos mais agressivos à durabilidade do concreto. Isso se deve à presença contínua de urina e fezes dos animais, que liberam substâncias como ácidos orgânicos (acético, fórmico, úrico e lático), sulfatos e amônia. Esses compostos reagem com os produtos de hidratação do cimento, especialmente com o hidróxido de cálcio $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$, formando sais solúveis e produtos expansivos como a etringita (NEVILLE, 1997; MEHTA e MONTEIRO, 2014).

Tais reações provocam lixiviação de cálcio, perda de alcalinidade, aumento da porosidade e fissuração, comprometendo a integridade estrutural do concreto. Medeiros e Helene (2009) demonstram que o processo é intensificado quando o pH do ambiente se encontra abaixo de 6,0, situação comum em esterqueiras e pisos de maternidades suinócolas.

O pH médio dos dejetos pode variar entre 5,5 e 7,0, dependendo da dieta e da umidade do ambiente. Em contato com a superfície do concreto, esses agentes ácidos dissolvem o hidróxido de cálcio e atacam o silicato de cálcio hidratado, levando à perda gradual de coesão interna (NEVILLE, 1997; MEHTA; MONTEIRO, 2014; MEDEIROS; HELENE, 2009).

A NBR 12655 (ABNT, 2015) classifica os ambientes de suinocultura como de agressividade elevada (Classe III), recomendando o uso de concretos de baixa relação a/c, alta compacidade e cimentos resistentes a sulfatos. Já a NBR 6118 (ABNT, 2023) enquadra esses ambientes na Classe de Agressividade Ambiental IV (CAA IV), que exige cobrimentos mínimos superiores a 45 mm e concreto com $f_{ck} \geq 40 \text{ MPa}$ para garantir vida útil adequada.

Segundo Helene e Andrade (1993), a durabilidade do concreto é um fenômeno probabilístico que depende tanto das condições ambientais quanto da qualidade dos materiais e do processo executivo. Assim, a escolha de um cimento com propriedades pozolânicas e resistentes a sulfatos, como o CP IV – RS, é uma estratégia preventiva eficaz contra o ataque químico e biológico em ambientes de suinocultura.



2.4 Pisos vazados de concreto em granjas suinícolas

Os pisos vazados de concreto são amplamente empregados em instalações suinícolas por permitirem o escoamento rápido dos dejetos para as esterqueiras, reduzindo o acúmulo de umidade e facilitando a limpeza e desinfecção das baias. Além disso, proporcionam conforto térmico e melhor manejo sanitário dos animais (SOUZA, 2010).

A durabilidade desses pisos, contudo, está diretamente associada à resistência do concreto, à qualidade dos materiais e ao método de produção. A exposição constante à urina, fezes e umidade elevada resulta na degradação química e física da superfície. O ataque ácido causa dissolução do $\text{Ca}(\text{OH})_2$, formação de sais expansivos e aumento da porosidade, o que leva à perda de resistência mecânica (NEVILLE, 1997).

Além da degradação química, há também desgaste mecânico decorrente do tráfego constante dos suínos e da limpeza frequente com jatos de alta pressão. Esses fatores aceleram o processo de abrasão e esfarelamento superficial (NEVILLE, 1997).

Segundo a Diretiva Europeia 2008/120/CE, que estabelece normas mínimas de bem-estar animal, os pisos utilizados em instalações de suinocultura devem garantir conforto, segurança e higiene, sendo o concreto vazado o material mais indicado por oferecer robustez e facilidade de higienização.

A NBR 5674 (ABNT, 2012), que trata da manutenção de edificações, recomenda inspeções periódicas e registros de desgaste e fissuração, medidas que podem ser adaptadas às estruturas agroindustriais. Dessa forma, a adoção de programas de manutenção preventiva e o uso de cimento CP IV – RS contribuem significativamente para aumentar a vida útil e o desempenho estrutural desses pisos.

Assim, o conhecimento dos mecanismos de deterioração e das condições reais de uso dos pisos vazados é essencial para o desenvolvimento de soluções duráveis e sustentáveis para a suinocultura moderna.



3. METODOLOGIA

3.1 Tipo de estudo e local da pesquisa

Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa experimental e aplicada, fundamentada nas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Foram seguidas principalmente as recomendações da NBR 15805 (ABNT, 2015), que trata da determinação da resistência à tração na flexão de pisos elevados de placas de concreto, e da NBR 16697 (ABNT, 2018), que define os requisitos para o cimento Portland.

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Materiais de Construção do SENAI – Maringá (PR), ambiente dotado de infraestrutura adequada, equipamentos calibrados e condições controladas de temperatura e umidade, assegurando a precisão e a repetibilidade dos resultados. A escolha desse local justifica-se pela sua conformidade com padrões metrológicos de calibração e segurança, garantindo a confiabilidade dos dados experimentais.

A pesquisa foi conduzida com amostras coletadas em granjas de suinocultura da região de Cascavel – PR, ambiente classificado pela NBR 12655 (ABNT, 2015) como de agressividade elevada, devido à presença de compostos ácidos e sulfatos provenientes de dejetos animais. Essa classificação reforça a importância do estudo da durabilidade do concreto em tais condições de exposição.

3.2 Caracterização da amostra

As amostras analisadas correspondem a pisos vazados de concreto instalados em granjas de suinocultura localizadas na região de Cascavel – PR, produzidos com cimento Portland CP IV – RS, areia natural média lavada e brita 1, conforme a caracterização granulométrica da NBR NM 248 (ABNT, 2003). A água utilizada no processo de mistura atendeu aos requisitos de potabilidade e pureza definidos pela NBR 15900 (ABNT, 2009).

O cimento CP IV – RS foi selecionado por apresentar elevado teor de materiais pozolânicos e resistência a sulfatos, sendo recomendado para ambientes de alta agressividade química conforme a NBR 16697 (ABNT, 2018). As peças foram produzidas industrialmente



em processo controlado e possuem dimensões nominais de 1,985 m de comprimento, 0,495 m de largura e 0,07 m de espessura, foram rompidas 2 amostras de cada idade.

Por questões de patente industrial, não foram disponibilizadas imagens do processo de fabricação das peças. Entretanto, todas as amostras seguem o mesmo padrão geométrico e tecnológico adotado na produção comercial de pisos vazados.

Segundo a NBR 15805 (ABNT, 2015), pisos elevados de concreto devem apresentar resistência mínima à tração na flexão de 4,5 MPa, valor utilizado como referência neste estudo para comparação com os resultados obtidos nas amostras envelhecidas.

3.3 Procedimentos experimentais

Os ensaios de resistência à tração na flexão foram conduzidos em conformidade com a NBR 15805 (ABNT, 2015). Cada amostra foi posicionada em três pontos de apoio na prensa hidráulica, sendo dois inferiores e um ponto central de aplicação da carga. A distância entre os apoios foi de 1,80 m, respeitando a proporção estabelecida pela norma em relação à espessura do corpo de prova.

Antes dos ensaios, as peças foram limpas e niveladas para assegurar o perfeito assentamento sobre os apoios. A carga foi aplicada de forma contínua e controlada, a uma velocidade de aproximadamente 0,05 MPa/s, até a ruptura. Durante o ensaio, foram observados o modo de ruptura e as características visuais da fratura.

Além dos resultados de carga máxima, foi realizada análise visual detalhada das superfícies, registrando-se fissuras, esfarelamento, corrosão superficial e desagregação, correlacionando tais manifestações à resistência obtida em cada idade de exposição.

3.4 Instrumentos e coleta de dados

Os ensaios foram realizados em prensa hidráulica eletrônica Pavitest 200 kN, devidamente calibrada, com leitura digital de carga e registro automático do valor máximo de ruptura. A precisão do equipamento e o controle de aplicação de carga atenderam aos requisitos da NBR 15805 (ABNT, 2015).



Durante os ensaios, a temperatura ambiente foi mantida em torno de 25 °C e a umidade relativa próxima de 70%, evitando variações que pudessem influenciar os resultados.

Os dados foram organizados em planilhas eletrônicas (Microsoft Excel), nas quais foram calculadas por médias e desvios padrão. Também foram elaboradas tabelas de observações visuais para registrar o grau de deterioração e facilitar a correlação com a resistência mecânica.

3.5 Análise dos dados

Os valores obtidos para cada grupo de amostras foram comparados entre si e com a amostra de referência de 28 dias, porém, os pisos das idades de 1, 2, 3, 4, e 5 anos foram moldados com armadura soldada em aço 8.0 mm, já a amostra de 28 dias foi moldada com armadura de 6.3 mm seguindo os critérios de avaliação da NBR 15805 (ABNT, 2015). A diferença percentual entre as resistências médias foi utilizada como indicador de perda de desempenho mecânico em função do tempo de exposição ao meio ácido.

Os resultados foram apresentados em tabelas e gráficos de tendência, permitindo visualizar a evolução da degradação mecânica. Essa análise foi complementada pela avaliação visual das manifestações patológicas observadas nas amostras, relacionando a perda de resistência com o grau de deterioração superficial.

Dessa forma, foi possível interpretar o comportamento do cimento Portland CP IV – RS em ambientes de alta agressividade, característicos da suinocultura, e verificar sua durabilidade em condições reais de uso.



4. RESULTADOS e DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta os resultados obtidos a partir dos ensaios realizados e discute sua interpretação no contexto da durabilidade de pisos vazados em suinocultura, considerando a exposição prolongada a ambiente agressivo ácido. Os dados incluem análises visuais de deterioração superficial, ensaios de resistência à flexão conforme a NBR 15805, comparações com a peça de referência (28 dias) e registros fotográficos de manifestações patológicas. A discussão correlaciona esses achados com o desempenho mecânico e a influência do cimento CP IV – RS, destacando a manutenção da integridade estrutural ao longo do tempo.

A Figura 1 objetiva documentar o grau de deterioração superficial das amostras de pisos vazados. Por meio de inspeção visual, registram-se manifestações patológicas como fissuras, esfarelamento, corrosão superficial e desagregação, com o intuito de correlacioná-las à resistência mecânica verificada em cada período de exposição.

Figura 1 – Análise visual do piso vazado.

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA	DATA DO ENSAIO	IDADE	MEIO DE EXPOSIÇÃO	OBSERVAÇÕES VISUAIS	FISSURAS	CORROSÃO SUPERFICIAL	ESFARELAMENTO
CP 01 2020	03/11/2025	5 ANOS	GRANJA DE SUÍNOS	NÃO	NÃO	ALTA, PEDRAS APARECENDO	NÃO
CP 02 2020	03/11/2025	5 ANOS	GRANJA DE SUÍNOS	NÃO	NÃO	ALTA, PEDRAS APARECENDO	NÃO
CP 01 2021	03/11/2025	4 ANOS	GRANJA DE SUÍNOS	NÃO	UMA FISSURA	MUITO LEVE, QUASE IMPERCEPTÍVEL	NÃO
CP 02 2021	03/11/2025	4 ANOS	GRANJA DE SUÍNOS	LASCAS DE MAU USO DO PISO, AVARIAS DE TRANSPORTE: CANTOS	NÃO	MUITO LEVE, QUASE IMPERCEPTÍVEL	NÃO
CP 01 2022	03/11/2025	3 ANOS	GRANJA DE SUÍNOS	AVARIAS DE TRANSPORTE: CANTOS QUEBRADOS	NÃO	NÃO	NÃO
CP 02 2022	03/11/2025	3 ANOS	GRANJA DE SUÍNOS	AVARIAS DE TRANSPORTE: CANTOS QUEBRADOS	DUAS FISSURAS	LEVE	NÃO
CP 01 2023	03/11/2025	2 ANOS	GRANJA DE SUÍNOS	LASCAS DE MAU USO DO PISO	NÃO	NÃO	NÃO
CP 02 2023	03/11/2025	2 ANOS	GRANJA DE SUÍNOS	AVARIAS DE TRANSPORTE: CANTOS QUEBRADOS	NÃO	NÃO	NÃO
CP 01 2024	03/11/2025	1 ANO	GRANJA DE SUÍNOS	NÃO	NÃO	LEVE	NÃO
CP 02 2024	03/11/2025	1 ANO	GRANJA DE SUÍNOS	NÃO	NÃO	LEVE	NÃO
CP 01 2025	03/11/2025	28 DIAS	GRANJA DE SUÍNOS	AVARIAS DE TRANSPORTE: CANTOS QUEBRADOS	NÃO	NÃO	NÃO
CP 01 2025	03/11/2025	28 DIAS	GRANJA DE SUÍNOS	AVARIAS DE TRANSPORTE: CANTOS QUEBRADOS	NÃO	NÃO	NÃO

Fonte: Autor (2025).

As inspeções indicam que as peças analisadas exibiram corrosão superficial mínima ao longo dos anos.

As Figuras 1 a 5 exibem os resultados numéricos dos ensaios de resistência à flexão, realizados conforme a NBR 15805, para os corpos de prova instalados nas granjas, com idades variando de 1 a 5 anos em ambiente de alta agressividade.


Figura 1 – Ensaio da resistência à flexão de pisos elevados de placas de concreto, ano 2020.

Ident. Amostra	Série do Laboratório	Data do ensaio	Idade (Dias)	Distância entre os apoios (mm)	Espessura da placa (mm)	Largura da placa ao longo da linha da fratura (mm)	Carga de Ruptura (N)	Resistência à flexão (MPa)								
								ftf Individual	ftf Médio	Desvio Padrão	ftf 1 x Ψ	ftfk est.				
CP N° 1	5	03/11/25	NÃO INFORMADO	1.840	70	480	18.950	22,2	22,7	0,636	N.A.	N.A.				
CP N° 2				1.840	70	480	19.719	23,1								
$ftfk_{est} = 2 \left[\frac{ftf(1) + ftf(2) + \dots + ftf(i-1)}{i-1} \right] - ftf_i$								ftfk								
Carga de Ruptura Média (N)								N.A.								
PISO VAZADO ENSAIADOS À FLEXÃO:								2								
Classificação quanto a NBR 15805 (Tabela 2):								O Ftfk estimado deve ser ≥ que a resistência determinada em projeto.								
								Importante: Limite inferior para ftfk = $ftf_1 \times \Psi$								
								Valor de Ψ								
								N.A.								

Fonte: Autor (2025).

Figura 2 – Ensaio da resistência à flexão de pisos elevados de placas de concreto, ano 2021.

Ident. Amostra	Série do Laboratório	Data do ensaio	Idade (Dias)	Distância entre os apoios (mm)	Espessura da placa (mm)	Largura da placa ao longo da linha da fratura (mm)	Carga de Ruptura (N)	Resistência à flexão (MPa)								
								ftf Individual	ftf Médio	Desvio Padrão	ftf 1 x Ψ	ftfk est.				
CP N° 1	4	31/10/25	NÃO INFORMADO	1.845	70	480	13.116	15,4	19,3	5,424	N.A.	N.A.				
CP N° 2				1.845	70	480	19.628	23,1								
$ftfk_{est} = 2 \left[\frac{ftf(1) + ftf(2) + \dots + ftf(i-1)}{i-1} \right] - ftf_i$								ftfk								
Carga de Ruptura Média (N)								N.A.								
PISO VAZADO ENSAIADOS À FLEXÃO:								2								
Classificação quanto a NBR 15805 (Tabela 2):								O Ftfk estimado deve ser ≥ que a resistência determinada em projeto.								
								Importante: Limite inferior para ftfk = $ftf_1 \times \Psi$								
								Valor de Ψ								
								N.A.								

Fonte: Autor (2025).

Figura 3 – Ensaio da resistência à flexão de pisos elevados de placas de concreto, ano 2022.

Ident. Amostra	Série do Laboratório	Data do ensaio	Idade (Dias)	Distância entre os apoios (mm)	Espessura da placa (mm)	Largura da placa ao longo da linha da fratura (mm)	Carga de Ruptura (N)	Resistência à flexão (MPa)								
								ftf Individual	ftf Médio	Desvio Padrão	ftf 1 x Ψ	ftfk est.				
CP N° 1	1	31/10/25	NÃO INFORMADO	1.845	70	480	14.137	16,6	16,2	0,636	N.A.	N.A.				
CP N° 2				1.845	70	480	13.368	15,7								
$ftfk_{est} = 2 \left[\frac{ftf(1) + ftf(2) + \dots + ftf(i-1)}{i-1} \right] - ftf_i$								ftfk								
Carga de Ruptura Média (N)								N.A.								
PISO VAZADO ENSAIADOS À FLEXÃO:								2								
Classificação quanto a NBR 15805 (Tabela 2):								O Ftfk estimado deve ser ≥ que a resistência determinada em projeto.								
								Importante: Limite inferior para ftfk = $ftf_1 \times \Psi$								
								Valor de Ψ								
								N.A.								

Fonte: Autor (2025).

Figura 4 – Ensaio da resistência à flexão de pisos elevados de placas de concreto, ano 2023.

Ident. Amostra	Série do Laboratório	Data do ensaio	Idade (Dias)	Distância entre os apoios (mm)	Espessura da placa (mm)	Largura da placa ao longo da linha da fratura (mm)	Carga de Ruptura (N)	Resistência à flexão (MPa)								
								ftf Individual	ftf Médio	Desvio Padrão	ftf 1 x Ψ	ftfk est.				
CP N° 1	3	31/10/25	NÃO INFORMADO	1.845	70	480	19.699	23,2	22,7	0,665	N.A.	N.A.				
CP N° 2				1.840	70	480	18.950	22,2								
$ftfk_{est} = 2 \left[\frac{ftf(1) + ftf(2) + \dots + ftf(i-1)}{i-1} \right] - ftf_i$								ftfk								
Carga de Ruptura Média (N)								N.A.								
PISO VAZADO ENSAIADOS À FLEXÃO:								2								
Classificação quanto a NBR 15805 (Tabela 2):								O Ftfk estimado deve ser ≥ que a resistência determinada em projeto.								
								Importante: Limite inferior para ftfk = $ftf_1 \times \Psi$								
								Valor de Ψ								
								N.A.								

Fonte: Autor (2025).

Figura 5 – Ensaio da resistência à flexão de pisos elevados de placas de concreto, ano 2024.

Ident. Amostra	Série do Laboratório	Data do ensaio	Idade (Dias)	Distância entre os apoios (mm)	Espessura da placa (mm)	Largura da placa ao longo da linha da fratura (mm)	Carga de Ruptura (N)	Resistência à flexão (MPa)								
								ftf Individual	ftf Médio	Desvio Padrão	ftf 1 x Ψ	ftfk est.				
CP N° 1	6	03/11/25	NÃO INFORMADO	1.840	70	480	10.031	11,8	15,8	5,671	N.A.	N.A.				
CP N° 2				1.840	70	480	16.867	19,8								
$ftfk_{est} = 2 \left[\frac{ftf(1) + ftf(2) + \dots + ftf(i-1)}{i-1} \right] - ftf_i$								ftfk								
Carga de Ruptura Média (N)								N.A.								
PISO VAZADO ENSAIADOS À FLEXÃO:								2								
Classificação quanto a NBR 15805 (Tabela 2):								O Ftfk estimado deve ser ≥ que a resistência determinada em projeto.								
								Importante: Limite inferior para ftfk = $ftf_1 \times \Psi$								
								Valor de Ψ								
								N.A.								

Fonte: Autor (2025).



A resistência à flexão destas amostras demonstrou a viabilidade da utilização do CP IV – RS, pois o cimento, devido às suas características pozolânicas, manteve sua resistência mecânica e potencial de durabilidade frente ao ataque ácido ao longo do tempo.

A Figura 7 apresenta os resultados do ensaio de resistência à flexão da peça de referência (28 dias). Ressalta-se que essa peça foi moldada com armadura de 6.3 mm, enquanto as amostras envelhecidas (1 a 5 anos) foram moldadas com armadura soldada em aço 8.0 mm.

Figura 7 – Ensaio da resistência à flexão de pisos elevados de placas de concreto, ano 2025 (Referência 28 dias).

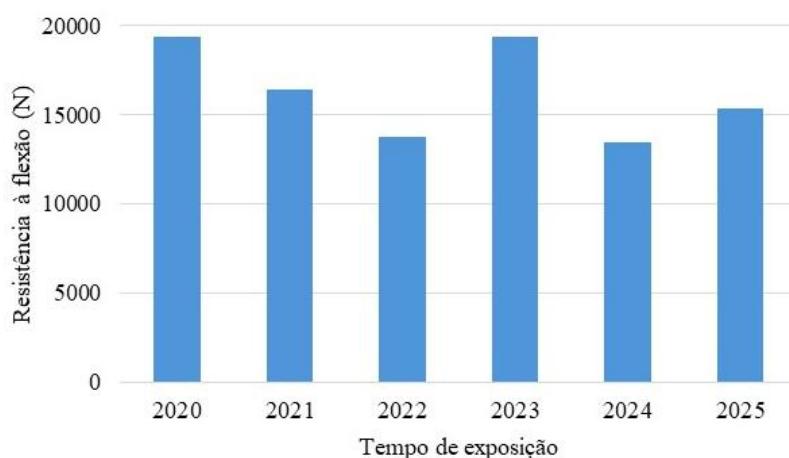
Ident. Amostra	Série do Laboratório	Data do ensaio	Idade (Dias)	Distância entre os apoios (mm)	Espessura da placa (mm)	Largura da placa ao longo da linha da fratura (mm)	Carga de Ruptura (N)	Resistência à flexão (MPa)					
								ftf Individual	ftf Médio	Desvio Padrão	ftf 1 x ψ	ftfk est.	
CP N° 1	2	31/10/25	NÃO INFORMADO	1.840	70	480	19.699	23,1	18,0	7,241	N.I.	N.I.	
CP N° 2				1.840	70	480	10.972	12,9					
$f_{tfk,est} = 2 \left[\frac{f_{tf}(1) + f_{tf}(2) + \dots + f_{tf}(i-1)}{i-1} \right] - f_{ff}$													
Carga de Ruptura Média (N)													
15.335													
PISO VAZADO ENSAIADOS À FLEXÃO: 2													
Classificação quanto a NBR 15805 (Tabela 2): O Ptfk estimado deve ser \geq que a resistência determinada em projeto.								Importante: Limite inferior para ftfk = ftf 1 x ψ			Valor de ψ		
											N.A.		

Fonte: Autor (2025).

O resultado da peça de 28 dias é fundamental, pois estabelece a base comparativa para o cálculo da diferença percentual de resistência, permitindo avaliar a eventual perda de desempenho mecânico das amostras expostas ao meio agressivo.

O Gráfico 1 ilustra a carga máxima média (em newtons) suportada por cada corpo de prova até a ruptura versus o tempo de exposição, permitindo a comparação do desempenho mecânico entre os grupos de diferentes idades (1 a 5 anos) e o corpo de prova de referência (28 dias).

Gráfico 1 – Carga média suportada versus tempo de exposição.



Fonte: Autor (2025).



A análise comparativa dos dados apresentados no Gráfico 1 evidencia variações significativas na resistência média à flexão ao longo dos diferentes períodos avaliados. Observa-se que os anos de 2020 e 2023 registram os maiores valores de carga suportada, indicando melhor desempenho mecânico nesses períodos. Já 2022 e 2024 apresentam as menores resistências, sugerindo que fatores associados às condições de exposição ou às características do concreto produziram maior degradação nessas etapas. De forma geral, a comparação demonstra que a resistência do material não segue uma tendência linear de queda ou aumento ao longo do tempo, mas sim um comportamento variável, reforçando a importância de monitorar continuamente o desempenho do concreto em ambientes agressivos, como o meio ácido de origem animal. Esses resultados contribuem para compreender o efeito do tempo de exposição sobre a durabilidade do material e auxiliam na definição de estratégias para aprimorar a composição dos pisos vazados.

As Figuras 8 a 19 fornecem registros fotográficos das manifestações patológicas observadas nas peças rompidas, correlacionando a aparência do concreto com os resultados de resistência. As patologias registradas incluem: corrosão superficial (em alguns casos, classificada como leve), fissuras, lascas decorrentes de mau uso e avarias de transporte.

Figura 8– Corrosão superficial da peça, peça rompida, CP 01 ano 2020.



Fonte: Autor (2025).



Figura 9– Corrosão superficial da peça, peça rompida, CP 02 ano 2020.



Fonte: Autor (2025).

Figura 10– Corrosão superficial leve da peça, fissura, e peça rompida, CP 01 ano 2021.



Fonte: Autor (2025).



Figura 11 – Lascas por mau uso, avaria de transporte, e peça rompida, CP 02 ano 2021.



Fonte: Autor (2025).

Figura 12 – Avaria de transporte, e peça rompida, CP 01 ano 2022.



Fonte: Autor (2025).



Figura 13 – Pequenas fissuras, Corrosão superficial leve da peça rompida, CP 02 ano 2022.



Fonte: Autor (2025).

Figura 14 – Lascas por mau uso, peça rompida, CP 01 ano 2023.



Fonte: Autor (2025).



Figura 15 – Avarias de transporte, peça rompida, CP 02 ano 2023.



Fonte: Autor (2025).

Figura 16 – Corrosão superficial leve, peça rompida, CP 01 ano 2024.



Fonte: Autor (2025).



Figura 17 – Corrosão superficial leve, peça rompida, CP 02 ano 2024.



Fonte: Autor (2025).

Figura 18 – Avaria de transporte, peça rompida, CP 01 ano 2025.



Fonte: Autor (2025).



Figura 19 – Avaria de transporte, peça rompida, CP 02 ano 2025.



Fonte: Autor (2025).

Apesar dos danos sofridos que o material sofreu no transporte, e suas as leves deteriorações que sofreram ao longo do tempo, a armadura se manteve sem corrosão, desta forma, não interferindo na sua resistência mecânica.

As imagens confirmam a presença de corrosão superficial leve nas amostras, mas também destacam o impacto de fatores externos não relacionados ao ataque químico (como mau uso e avarias de transporte) na integridade do material, sugerindo que a degradação estrutural devido ao meio ácido foi minimizada pelo uso do CP IV – RS.



5. CONCLUSÃO

A pesquisa teve como objetivo analisar a resistência de pisos vazados de concreto produzidos com cimento CP IV – RS, quando submetidos a ambientes agressivos de origem ácida, típicos da suinocultura. Por meio da comparação entre pisos em diferentes idades de uso e uma amostra de referência com 28 dias, buscou-se compreender se existiu alguma degradação mecânica do concreto ao longo do tempo.

Os resultados obtidos contribuem para evidenciar a importância da escolha do cimento adequado em ambientes de elevada agressividade. O CP IV – RS, por suas características pozolânicas e resistência a sulfatos, demonstrou potencial de maior durabilidade, assim mantendo suas características e sua resistência mecânica frente ao ataque ácido, ainda que sujeito a perdas graduais de desempenho mecânico conforme o tempo de exposição.

Conclui-se que a utilização de pisos vazados de concreto confeccionados com esse tipo de cimento representa uma alternativa viável para granjas de suínos, desde que associada ao controle tecnológico da produção e ao cumprimento das normativas vigentes. Além disso, os dados reforçam a necessidade de estudos contínuos sobre a durabilidade em condições reais de uso, de modo a fornecer subsídios técnicos para projetos, manutenção e aumento da vida útil das estruturas em suinocultura.



REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. S.; SANTOS, J. R. Análise da durabilidade do concreto em meio ácido utilizando diferentes tipos de cimento. In: Congresso Brasileiro do Concreto, 2015.

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

_____. **NBR 15805:2015** – Concreto – Determinação da resistência à tração na flexão de pisos elevados de placas de concreto. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

_____. **NBR 15900:2009** – Água para amassamento do concreto – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

_____. **NBR 16697:2018** – Cimento Portland – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

_____. **NBR 5674:2012** – Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

_____. **NBR 6118:2023** – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

_____. **NBR NM 248:2003** – Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

DIRETIVA 2008/120/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 18 de dezembro de 2008. Estabelece normas mínimas para a proteção de suínos. Jornal Oficial da União Europeia, L 47, p. 5–13, 2009.

HELENE, P. R. L.; ANDRADE, C. Durabilidade do concreto: diagnóstico, prognóstico e prevenção. São Paulo: PINI, 1993.

LIMA, R. C. A.; FERREIRA, A. B.; MENDES, F. P. Influência de adições minerais na resistência do concreto exposto a meio ácido. Revista Matéria, Rio de Janeiro, v. 23, n. 2, e11860, 2018.



MEDEIROS, M. H. F.; HELENE, P. R. L. Desempenho de concretos com diferentes adições minerais em meio ácido. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, São Paulo, v. 2, n. 3, p. 234–251, 2009.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: microestrutura, propriedades e materiais. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2014.

NEVILLE, A. M. Propriedades do concreto. 4. ed. São Paulo: Bookman, 1997.

SOUZA, R. A. Desempenho de pisos industriais de concreto. São Paulo: PINI, 2010.