Avaliação e diagnóstico de estruturas de concreto armado expostas a dejetos suínos utilizando ensaios não destrutivos e semidestrutivos

C. L. Balbinot¹, J. S. Jacob², T. I. Hentges^{3*}

*Autor de Contacto

Universidade do Contestado – UnC, Rua Victor Sopelsa, n° 3000, Bairro Salete, Concórdia/SC, CEP: 89711-330

¹ cauanabalbinot@yahoo.com.br

² jeffersonecv@gmail.com

³ tatianeihentges@gmail.com

RESUMO

O presente artigo teve como objetivo analisar o grau de agressividade de dejetos suínos em pilares pré-moldados. Para isso, foram estudadas três edificações de suínos ainda em utilização e com idades diferentes, no município de Concórdia, Santa Catarina, Brasil. Estas receberam inspeção visual, a partir da qual foram escolhidos pilares para os ensaios de profundidade de carbonatação e resistividade elétrica. Verificou-se destacamento de concreto e corrosão da armadura na parte inferior dos pilares, onde há maior contato dos dejetos suínos. Manifestações patológicas (corrosão e carbonatação) também foram diagnosticadas a um metro de altura, consequência dos gases. Por fim, conclui-se que a qualidade do concreto influencia mais do que a idade da edificação na resistência aos efeitos nocivos dos dejetos suínos.

Palavras-chave: Suinocultura; Manifestações patológicas; Resistividade elétrica; Carbonatação; Estrutura.

RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivo evaluar el grado de agresividad de los purines de cerdo frente a columnas de hormigón prefabricado. Se investigaron tres pabellones porcinos todavía en uso y con diferentes edades de construcción en Concordia, Santa Catarina, Brasil. Se realizó inspección visual y se eligieron columnas para los ensayos de profundidad de carbonatación y resistividad eléctrica. Se observó desconchado del hormigón y corrosión del acero de refuerzo en las partes inferiores de las columnas, donde los purines se encuentran más presentes. Patologías de la construcción (corrosión y carbonatación) fueron diagnosticadas a un metro de altura, debido a los gases. En conclusión, la calidad del hormigón influye más en la resistencia a los efectos nocivos de los purines de cerdo que la edad de construcción.

Palabras clave: Cría de cerdos; Patologías; Resistividad eléctrica; Carbonatación; Estructura.

ABSTRACT

This study aimed at assessing the degree of aggressiveness of pig manure to precast concrete columns. Three pig houses still in use and with different ages of construction were analyzed in Concordia, Santa Catarina, Brazil. Visual inspection was carried out and columns were chosen for the carbonation depth and electrical resistivity tests. Concrete spalling and rebar corrosion were observed in the lower parts of the columns, where pig manure is more present. Building pathologies (corrosion and carbonation) were observed at one meter high, due to the gases. In conclusion, the concrete quality is more influential in the resistance to the deleterious effects of pig manure than the building age of construction.

Keywords: Pig farming; Pathologies; Electrical resistivity; Carbonation; Structure.

1. INTRODUCCIÓN

A suinocultura representa grande importância social e econômica não só para o país, mas principalmente para o estado de Santa Catarina, que é o maior produtor de carne suína do Brasil, com isso a demanda por estruturas suínas com qualidade vem crescendo cada dia mais. A tecnologia está mudando para melhorar para os produtores e se preocupando na qualidade de vida dos suínos, mas o concreto continua sendo o material mais utilizado nas construções agrícolas.

Composto principalmente pelo cimento Portland, areia, brita e água, pode ser adicionado adições como aditivos, pozolanas, escória de alto forno e filler. Infelizmente o concreto na construção da suinocultura ainda não tem uma padronização, sendo muitas vezes fraco pra tantos agentes agressivos. Para isso é importante avaliar as condições que o concreto será submetido, podendo durar muito menos do que se fosse exposto em condições normais (Jacob et al., 2020).

O concreto armado exerce sobre a estrutura do aço uma barreira física e proteção química, por ter razoável durabilidade e excelentes características mecânicas. A porosidade do concreto facilita a penetração de fluidos, provocando a degradação da armadura de aço. Quanto mais poroso é o concreto, mais fácil ocorrerá o transporte interno de agentes agressivos, facilitando o processo de deterioração do concreto (Souza e Ripper, 1998).

A manifestação da corrosão das armaduras ocorre sob a forma de fissuras, destacamento do cobrimento, redução da seção da armadura e perda de aderência entre a armadura e o concreto.

Para seguirmos todas as recomendações adequadas devemos utilizar parâmetros desde a fase de projetos até a fase de execução, assim nos garantindo resultados finais satisfatórios. As normas brasileiras NBR 6118 (ABNT, 2014) e NBR 12655 (ABNT, 2015) estabelecem parâmetros mínimos para o emprego do concreto, dependendo da concentração de cloretos e sulfatos no ambiente, e o uso de cimento resistente a sulfatos é obrigatório no caso de meios altamente agressivos. A NBR 14931 (ABNT, 2004) traz recomendações que podem aumentar a durabilidade das construções em concreto, e também é muito importante para garantir a qualidade e durabilidade (Jacob et al., 2020).

Algumas características visam a aumentar a vida útil do concreto, diminuir a permeabilidade/porosidade do concreto utilizado e distanciar as barras de aço dos possíveis agentes agressivos, através do cobrimento nominal mínimo. Quanto menor a relação água/cimento, maior é a resistência à compressão do concreto e menor é a sua permeabilidade, deste modo dificultando a entrada de agentes agressivos presentes nos ambientes da suinocultura, conforme mostra Jacob et al (2020) na Figura 1.

Característica	Especificação
Resistência à compressão mínima (f_{ck})	40 MPa
Máxima relação água/cimento (a/c)	0,45
Consumo mínimo de cimento	360 kg/m ³
Cobrimento nominal mínimo (c)	- Pisos e lajes: 4,5 cm - Vigas e pilares: 5,0 cm
Uso de cimento resistente a sulfatos	- O teor de C ₃ A do clínquer seja igual ou inferior a 8%, e cujo teor de adições carbonáticas seja igual ou inferior a 5% da massa do aglomerante total (CP V-ARI-RS) - O teor de escória granulada de alto-forno (CP III) esteja entre 60% e 70% - O teor de materiais pozolânicos (CP IV) esteja entre 25% e 40%;

Figura 1 – Especificações técnicas mínimas para execução de concreto a ser utilizado na suinocultura. Fonte: Jacob et al. (2020).

Em estudo foi observado grandes quantidade de ácido acético e láctico em pisos de suínos e alguns íons agressivos como Cl^- , SO_4^{2-} , Mg^{2+} e NH_4^+ (Jacob et al., 2020). Os ácidos orgânicos podem se tornar muito agressivos pela combinação com a cal livre formando $(\text{Ca}(\text{OH})_2)$ que é uma base da família dos metais alcalinos, presente em materiais cimentícios, produzindo sais de cálcio muito solúveis (De Belie, 1997).

A porosidade da pasta aumenta por causa da lixiviação do cálcio, ajudando a entrada de outros agentes. Em chiqueirões, a alta concentração de CO_2 da respiração dos suínos e outros gases, como amônia e H_2S do esterco, podem levar ao ataque de sulfato agindo no interior das estruturas, diminuindo o pH do concreto e levando à corrosão das armaduras pela ação da carbonatação. A corrosão com o passar do tempo vai reduzindo a área da seção das barras, induzindo tração no concreto, ocasionando rachaduras e mais manifestações patológicas visto em estudo por Jacob et al (2020).

Os valores variáveis de pH na área da suinocultura podem variar de 5,30 a 7,72. Mesmo o pH não podendo ser considerado agressivo ao concreto, junto com a presença de ácidos orgânicos e com os sais de sulfato podem se tornar (Jacob et al., 2020).

Os ensaios não destrutivos são muito importantes e estão sendo muito procurados por causa da facilidade, principalmente para medir o estado da estrutura em ambientes com alta agressividade, conseguindo realizar os ensaios com a estrutura em uso, causando pouco ou nenhum dano. Quando são utilizados de maneira associada a outros métodos de análises, a eficácia desses procedimentos tem seu grau de confiabilidade elevado, conseguindo ter uma noção do real estado de conservação das estruturas, planejando planos de manutenção e recuperação dos elementos, contribuindo com sucesso no controle da deterioração das estruturas de concreto (Lorenzi et al., 2016).

O problema que apresentamos é o forte impacto dos dejetos de suínos nas estruturas de concreto, advindo de uma atividade que movimenta fortemente a economia da nossa cidade Concórdia- SC. Realizando o diagnóstico através de ensaios não destrutivos e semidestrutivos, de pilares pré-moldados expostos a gases orgânicos e químicos.

2. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICOS

Neste capítulo são apresentadas as informações sobre a região e local de estudo, caracterizando as edificações em que foram realizados os ensaios, utilizados para obtenção de análises e resultados

2.1 Área de Estudo

As edificações estudadas estão localizadas no município de Concórdia, situado na região oeste do Estado de Santa Catarina. As áreas estão localizadas na região rural do município. A Figura 2 e a Figura 3 apresentam a áreas estudadas das propriedades.

Figura 2 – Área estudada da edificação A. Fonte: Google Maps (2020).

Figura 3 – Área estudada das edificações B e C. Fonte: Google Maps (2020).

Nesse estudo foram avaliadas três obras que trabalham na área da suinocultura na região de Concórdia - SC, as três foram feitas com pilares pré-moldados, porém duas delas mais antigas e outra mais recente. Estas obras estão identificadas por Edificação A, Edificação B e Edificação C. A Edificação A (Figura 4) é uma creche de suínos, localizada no interior de Concórdia-SC na comunidade de Cachimbo, possui 693m² dividida por três repartições, que alojam em média 2 mil filhotes de suínos. A edificação foi construída no ano de 2009, a estrutura foi executada uma parte em pré-moldado e outra parte in loco, o concreto não era usinado, era feito na própria empresa, sem valor certo para o cobrimento nominal. Os elementos de vedação externos foram feitos com pedra ardósia e internos alvenaria. O proprietário relata que começou ter problemas com patologias em torno de três anos de uso.

A Edificação B e a Edificação C são destinadas às porcas em gestação, localizadas na região rural da cidade de Concórdia -SC na comunidade de Lajeado Guilherme. A propriedade possui três chiqueiros feitos pela mesma empresa com idades variadas e com tecnologias diferentes, que alojam porcas desde a fase de inseminação, gestação, até o nascimento dos suínos.

A Edificação B (Figura 5) em estudo foi construída no ano de 2004 possui 180 m², dividida em quatro repartições. A estrutura foi feita com pilares pré-moldados, o concreto não era usinado, era feito na própria empresa, mas essa empresa se preocupava em fazer um traço 1:2:3 (cimento, areia, brita), querendo atingir os 25 MPa e o cobrimento nominal de 2cm. Os elementos de vedação externos e internos foram alvenaria junto com madeira.

A Edificação C (Figura 6) foi construída em 2019, possui um ano de uso, com 560 m², dividida em três repartições. A estrutura foi feita com pilares pré-moldados, projetada pela mesma empresa da Edificação B, porém o concreto foi usinado, com ensaios que comprovavam os 25 MPa, com cobrimento de armadura de 2 cm. Os elementos de vedação externos e internos foram alvenaria junto com madeira.

Figura 4 – Fachada da edificação A

Figura 5 – Fachada da edificação B

Figura 6 – Fachada da edificação C

As três obras estão sujeitas aos dejetos e gases, porém existe uma diferença na quantidade de dejetos das porcas em gestação comparado aos dejetos dos leitões na creche, sendo muitas vezes mais agressivos não só pela quantidade, mas dependendo da alimentação e idade do suíno.

A quantidade de dejetos também pode variar conforme o peso do suíno, o sexo, raça, alguns fatores interferem na quantidade desses dejetos. A Embrapa (1993), afirma que a água ingerida por cada animal influencia na quantidade de urina e dejetos líquidos, essa quantidade total de resíduos pode ser classificada cerca de 8,5% a 4,9% do peso vivo por dia do suíno.

A limpeza também é um fator importante para manter a estrutura com qualidade. Nas três estruturas são feitas limpezas semanais, somente com jato de água sem nenhum produto, para não haver a intoxicação dos animais passado sempre o lança chamas para a esterilização.

A comparação tem o objetivo de identificar a qualidade do concreto de cada edificação e o comportamento dos gases químicos e orgânicos com o passar dos anos, como esses gases podem comprometer uma estrutura que está exposta direto a essas condições. A Edificação A apresenta

muitas patologias e desagregação do concreto em toda a estrutura, principalmente na parte inferior dos pilares onde fica em contato direto com os dejetos dos suínos, já a Edificação B é a mais antiga, os pilares também ficam expostos as mesmas condições e ainda não apresenta manifestações patológicas, na Edificação C os pilares também estão expostos aos dejetos e gases sendo uma estrutura nova, também não apresenta manifestações patológicas visíveis.

2.2 Procedimentos de coletas e interpretação de dados

Nesta pesquisa, os elementos estruturais escolhidos para análise foram os pilares por terem em comum o fato de serem pré-moldados nas três edificações. A partir dessa escolha foram realizados ensaios de resistividade elétrica e profundidade de carbonatação para conseguir medir e analisar a ação dos agentes agressivos no concreto. Além disso, foi feita uma análise visual e todas as manifestações patológicas presentes nos pilares, foram armazenadas com registros fotográficos.

2.2.1 Inspeção visual

A inspeção visual consistiu primeiramente na visita ao local para o conhecimento das patologias existentes, registro fotográfico e medição do local, sendo que nenhuma das edificações tem o projeto da planta baixa. Segundo passo, foi realizado o levantamento de todas as informações das três estruturas em estudo como, localização, exposição aos dejetos, idade da construção, caracterização estrutural, cronograma e materiais utilizados para limpeza e controle tecnológico. Para começar os ensaios nas três estruturas, a fim de entender os fatores que levaram os surgimentos das manifestações patológicas na Edificação A diferente da Edificação B que são mais antigas e como a Edificação C com pouco tempo de uso está se comportando.

2.2.2 Escolha dos pilares

A determinação dos pilares escolhidos para os ensaios foi possível através de inspeção visual in loco. Os pilares foram selecionados de forma mais centralizada, expostos as mesmas condições, porém apresentando manifestações patológicas diferentes. Isso para representar da melhor maneira possível todas as condições de exposição e influência das intempéries sendo de dejetos, gases, limpeza. Todos os pilares selecionados são de dimensões iguais 15x20cm.

Para a Edificação A os pilares pré-moldados que foram selecionados para o ensaio de resistividade elétrica foram P1, P2, P3 e P4, de forma centralizada onde todos ficavam expostos as mesmas condições das outras edificações. Os pilares P2 e P4 foram submetidos a ensaio de carbonatação, a edificação tem menos tempo de uso, mas apresentava muitas manifestações patológicas.

Na Edificação B, foram selecionados quatro pilares pré-moldados P1, P2, P3 e P4 para a realização do ensaio de resistividade elétrica, e o P1 para ensaio de carbonatação. Todos os pilares apresentavam as mesmas características, sem manifestações patológicas, mesmo sendo uma estrutura mais antiga.

Já na Edificação C os pilares pré-moldados selecionados foram P1, P2, P3 e P4, de forma centralizada, onde todos ficam expostos as mesmas condições para a realização do ensaio de resistividade elétrica, e nessa edificação não foi realizado ensaio de carbonatação, por ser uma estrutura nova. A Figura 7, a Figura 8 e a Figura 9 apresentam as plantas baixas com a localização dos pilares.

Figura 7 – Pilares da edificação A seleccionados para estudo

Figura 8 – Pilares da edificação B seleccionados para estudo

Figura 9 – Pilares da edificação C seleccionados para estudo

2.2.2 Profundidade de carbonatação

A escolha dos pilares para o teste semidestrutivo foi analisada onde os valores do ensaio de resistividade elétrica apresentaram-se atípicos, os três pilares escolhidos apresentaram resistividade mais alta que os demais, que podem indicar carbonatação ou início dela, conforme instrução do manual da Proceq (2017). Foram realizadas em dois pilares na Edificação A, um pilar na Edificação B, e na Edificação C não foi possível a extração do concreto por ser uma estrutura nova.

Foi realizada a demarcação da região a 1 metro de altura, com o auxílio de marreta feita a extração do concreto, até que fosse atingida a profundidade da armadura longitudinal presente no pilar pré-moldado, os três pilares tinham cobertura de 2cm. Após a limpeza da área, foi aspergida solução de fenolftaleína diluída em álcool 1%. Com isso foi observada a profundidade de carbonatação em cada pilar e registrada em fotos.

2.2.2 Resistividade elétrica

Todos os ensaios para medir a resistividade elétrica foram realizados na parte de dentro das edificações, utilizando o equipamento Resipod da marca Proceq, seguindo todas as instruções do manual. As medições foram realizadas na parte inferior dos pilares onde tinha contato direto com os dejetos e à um metro de altura aonde era exposto com os gases. A Figura 10 mostra as alturas que foram realizados os ensaios.

Figura 10 – Teste de resistividade elétrica sendo realizado na parte inferior (a) e a um metro de altura (b) dos pilares

A área analisada foi molhada, seguindo as instruções do manual e foram feitas três leituras no mesmo local. A partir das leituras foram realizadas médias aritméticas na parte inferior e acima, em cada pilar escolhido de cada edificação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Inspeção visual

A inspeção visual realizada nas três edificações, detectou alguns problemas como fissuras, armaduras expostas e em processo de corrosão em alguns pilares, que podem comprometer a estrutura com o passar do tempo.

Na Edificação A, foram observadas que os pilares apresentavam fissuras aparentes, deslocamento do cobrimento de concreto, armaduras expostas, aspecto muito poroso, facilitando a entrada de gases presentes no local, resultando no surgimento de manifestações patológicas. A Figura 11 apresenta o aspecto visual dos pilares P1, P2, P3 e P4 da edificação.

Figura 11 – Aspecto visual dos pilares da edificação A

Os pilares P1, P3 e P4 apresentam um acúmulo de concreto na parte inferior, isso foi feito após a colocação dos pilares no local, para fixar melhor o piso ripado do crechário.

O pilar P2 é um dos pilares que não foi colocado concreto embaixo dele para segurar o piso ripado, pois ele estava no meio de dois pilares que seguravam. Ele é o pilar mais danificado na inspeção visual, sofrendo maior impacto dos suínos. Entre eles a gordura animal presente nos dejetos podem reagir com o hidróxido de cálcio, havendo reação de saponificação, produzindo glicerol e sal de ácidos graxos, reduzindo o pH e favorecendo a decomposição química da pasta e a corrosão da armadura (Andrade, 2005).

Na Edificação B, mesmo tendo mais tempo de utilização das três edificações, com dejetos de porcas em gestação, não tinha manifestações patológicas visuais graves, mesmo estando expostos aos mesmos agentes físicos e químicos. O concreto possivelmente era melhor dessa edificação, menos impermeável podendo resistir melhor a ambientes agressivos, conforme explica Andrade (2005). A Figura 12 apresenta a face interior dos pilares P1, P2, P3 e P4 da edificação.

Figura 12 – Aspecto visual dos pilares da edificação B

Já a Edificação C, por ter menos de um ano de uso, também não apresentava nenhuma manifestação patológica visual, por ser uma estrutura nova e ser feito com um concreto com uma dosagem adequada. A Figura 13 apresenta a face interior dos pilares P1, P2, P3 e P4 da edificação.

Figura 13 – Aspecto visual dos pilares da edificação C

3.2 Profundidade de carbonatação

Os dois pilares da Edificação A, onde foram realizados os ensaios de profundidade de carbonatação, já apresentaram corrosão na armadura quando feita a extração do concreto (Figura 14). Permanecendo incolor, o ensaio comprovou a presença de carbonatação total nas suas estruturas, com espessuras indicadas na Tabela 1. Além disso, observou-se que, mesmo a Edificação B não apresentando tantas manifestações patológicas visuais quanto a Edificação A, seu pilar apresentou carbonatação, o que indica pH abaixo de 9 (Figura 15).

Tabela 1 – Espessura de carbonatação dos pilares estudados

Edificação	A		B
Pilar	P2	P4	P1
Espessura de carbonatação (mm)	27	32	28

Figura 14 – Pilar P2 e P4 da edificação A após aspersão de fenolftaleína.

Figura 15 – Pilar P1 da edificação B antes e após aspersão de fenolftaleína.

Nesses locais agressivos, a alta concentração de CO_2 e outros gases, como amônia e H_2S do esterco podem levar ao ataque de sulfato agindo no interior das estruturas, podendo diminuir o pH do concreto levado à corrosão das armaduras pela ação da carbonatação, reduzindo a área da seção das barras, induzindo tração no concreto ocasionando mais manifestações patológicas.

Segundo Santos Filho et al (2016), a exposição a umidade dos elementos, traz maior risco de corrosão de armaduras, especialmente pela sucção por capilaridade do concreto.

A baixa alcalinidade verificada no concreto das estruturas que cobre a armadura pode ser devido à idade de cada edificação e o tempo de exposição dos pilares expostos a tantos gases e dejetos, o cobrimento nominal das armaduras também contribuiu para a deterioração de alguns elementos mais rápido.

A carbonatação ocorre com mais facilidade em ambientes com umidade, por ser edificações que são expostas a dejetos líquidos, respiração dos animais, limpeza feita com intensidade e semanal, o ambiente tem média umidade favorecendo a entrada dos gases, facilitando a carbonatação acontecer no interior da estrutura.

3.3 Resistividade elétrica

A Edificação A foi a mais afetada nos pilares, pelos dejetos e gases, mesmo não sendo a estrutura mais antiga, e apresentou uma grande diferença no resultado da resistividade elétrica quando comparadas a parte inferior e a um metro de altura (Figura 16). Isso pode ser ocasionado pelo concreto não ser usinado, sem um traço correto e devido à falta de controle da espessura do cobrimento da armadura.

Figura 16 – Resistividade elétrica dos pilares da edificação A

A Edificação B, estrutura mais antiga, apresentou diferenças na resistividade elétrica onde tinha contato com os dejetos e a um metro de altura onde o contato era só com os gases do local (Figura 17). O concreto da Edificação B não era usinado, mas a empresa se preocupava em fazer um traço forte e respeitava o cobrimento de 2 cm, por isso mesmo os pilares apresentando carbonatação eles não apresentavam corrosão no interior dos mesmos.

Figura 17 – Resistividade elétrica dos pilares da edificação B

Por fim, a Edificação C não apresentou muita diferença na parte inferior e a um metro de altura (Figura 18), o baixo valor médio de resistividade elétrica na parte inferior e acima pode ser ocasionado em razão da pouca idade do concreto. Devido a ser uma estrutura mais nova e por ser feita com concreto usinado, com maior controle tecnológico, respeitado o traço adequado, fazendo os ensaios comprovando os 25 MPa e com o cobrimento nominal de 2 cm.

Figura 18 – Resistividade elétrica dos pilares da edificação C

Verificou-se que a qualidade do concreto dos pilares influenciou diretamente o ensaio de resistividade elétrica. Nas Edificações B e C o concreto foi feito com um traço mais forte e com muito mais qualidade que a Edificação A, que não é a mais antiga, porém é a mais deteriorada. Fazendo um comparativo em relação a integridade do concreto, a edificação mais antiga (Edificação B) apresenta resistividade elétrica 30% inferior a edificação mais deteriorada (Edificação A), analisando os valores a um metro de altura em contato com os gases (Figura 19).

Figura 19 – Média da resistividade elétrica em cada edificação

Comparando os valores na parte em contato com os dejetos, a Edificação B apresenta resistividade elétrica 2,6 vezes superior a Edificação A, isso está relacionado as graves manifestações patológicas que apresenta a Edificação A e o concreto íntegro da Edificação B. Fazendo uma análise de tempo de vida útil, da edificação mais antiga (Edificação B) comparada a edificação mais nova (Edificação C) sendo o concreto das duas estruturas similar, ambas com o concreto íntegro. Analisando os valores a 1m de altura, em menos de 15 anos a resistividade elétrica aumento 5,8 vezes, ou seja, mesmo a estrutura não apresentando manifestações patológicas visíveis igual a Edificação A, o resultado da resistividade pode dar alto, só pelo fato daquele concreto estar em contato com os gases do local.

A relação de ambiente com a resistividade do concreto pode mudar em relação ao tipo de concreto e a que condições aquele local está sujeito. A carbonatação reduz a concentração dos íons no líquido dos poros, responsáveis pela condução da corrente, podendo ocasionar o aumento da resistividade elétrica do concreto (Millard, 1991).

Conforme Proceq (2017) o clima de ambiente interno com carbonatação para cimento Portland comum apresenta resistividade de 300 kΩ.cm ou mais. Isso justifica os resultados altos de resistividade, pois os três pilares analisados no ensaio confirmaram a existência de carbonatação. A gordura presente nos dejetos líquidos também ajuda a reduzir a passagem da corrente elétrica.

4. CONCLUSÕES

O trabalho objetivou a análise de pilares pré-moldados na área da suinocultura, diagnóstico das estruturas de concreto armado por meio da aplicação de ensaios não destrutivos e semidestrutivos, sendo eles inspeção visual, resistividade elétrica e profundidade de carbonatação.

Para o ensaio de profundidade de carbonatação, as duas edificações A e B em menos de 20 anos de uso, apresentaram carbonatação total do cobrimento da armadura, esse resultado pode ser devido aos gases presentes no ambiente interno das edificações, gerados pelos dejetos suínos.

Todos os pilares da Edificação A apresentavam várias manifestações patológicas, muitas fissuras que facilitam a difusão do dióxido de carbono, acelerando o processo de carbonatação do concreto e corrosão da armadura. A Edificação B por ser mais antiga apresentava carbonatação, mas não existia corrosão nas armaduras. Vale ressaltar que a edificação C não foi feito teste de carbonatação por ser uma estrutura nova.

Quando analisada a profundidade de carbonatação, pode-se melhor compreender os resultados apresentados através da resistividade elétrica, para os pilares da Edificação A e B, visto que a resistividade das duas estruturas possivelmente sofreu influência da carbonatação.

Em relação ao ensaio de resistividade elétrica observou-se que houve uma diferença significativa entre os resultados da Edificação A e B, da parte inferior dos pilares onde os elementos ficavam em contato direto com os dejetos e o resultado a um metro de altura onde o contato era com os gases do local. Já a Edificação C apresentou resistividade elétrica baixa, por ser um concreto novo e pouca diferença entre a parte inferior e superior dos pilares.

Após a aplicação dos ensaios efetuados nos pilares, pode-se verificar que mesmo a Edificação B sendo mais antiga ela se encontra em bom estado de conservação, com resistividade elétrica maior que a Edificação A, isso se daria pelo fato de ser um concreto com mais qualidade. Entretanto a Edificação A com várias manifestações patológicas necessita de alguns reparos, de modo a garantir uma maior vida útil da estrutura.

Através deste estudo, é possível ver a eficiência de ensaios não destrutivos e semidestrutivos para saber como a estrutura está se comportando nesses ambientes agressivos. A falta de manutenção faz com que pequenas manifestações patológicas que teriam baixos custos corretivos, evoluam causando insegurança estrutural e elevando os custos de recuperação. A realização desses ensaios é uma maneira econômica e garante a eficiência de manutenções, reforços e reparos estruturais antes de situações irreversíveis.

5. REFERENCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2014). *NBR 6118: projeto de estruturas de concreto armado - procedimento*. Rio de Janeiro.

_____. (2004). *NBR 14931: execução de estruturas de concreto – procedimento*. Rio de Janeiro.

_____. (2015). *NBR 12655: concreto de cimento Portland - preparo, controle, recebimento e aceitação - procedimento*. Rio de Janeiro.

Andrade, T. (2005) Tópicos sobre durabilidade do concreto. In: PASSUELO, A., ISAIA, G. C. (Ed.). *Concreto: ensino, pesquisa e realizações*. São Paulo: IBRACON, v.1. p.753-792.

De Belie, N. (1997). On-farm trial to determine the durability of different concrete slats for fattening pigs. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 68:311-316. <https://doi.org/10.1006/jaer.1997.0209>

Embrapa. (1993). Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos. Concórdia: Cnpes.

Figueiredo, E. P. (2005). Efeitos da carbonatação e de cloretos no concreto. *Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações*, In: Isaia, G. C. IBRACON, Cap. 27, p.829 – 855, V. 2, São Paulo.

Lorenzi, A; Reginato, L. A; Lorenzi, L. S e Filho, L. C. P. S. (2016). Emprego de ensaios não destrutivos para inspeção de estruturas de concreto. *Revista de Engenharia Civil IMED*. 3(1):3-13. <https://doi.org/10.18256/2358-6508/rec-imed.v3n1p3-13>

Millard, S. G. (1991). Reinforced concrete resistivity measurement techniques. *Proceedings of Institute of Civil Engineers*. 91(1):71-88. <https://doi.org/10.1680/iicep.1991.13583>

Proceq. (2017). Manual de instrução de operação do Resipod.

Jacob, S. J., Grezzana Mascelani, A.G., Dalla Costa, F. A., Dalla Costa, O. A. (2020) Qualidade de piso de concreto para suinocultura. Concórdia, EMBRAPA (Comunicado técnico, 16).

Santos Filho, M. L. S. F., Falavigna, C., Esteves, C. A., Souza, D. J., Rosa, C. M. (2016). *Análise das condições estruturais para recuperação de obras abandonadas: Um estudo de caso*. In: Congresso Brasileiro de Patologias das Construções, Belém do Pará. Casa Leiria.

Souza, V. C. M., Ripper, T. (1998). *Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto*. São Paulo: Pini.