

Da para **CIVIL** IZAÇÃO

Anaxsandra da Costa Lima Duarte
Sérgio Santos de Jesus
Weiner Gustavo Silva Costa
(Organizadores)



Editora UFRB

DA CIVIL PARA A CIVILIZAÇÃO

REITOR

Fábio Josué Souza dos Santos

VICE-REITOR

José Pereira Mascarenhas Bisneto

SUPERINTENDENTE

Rosineide Pereira Mubarack Garcia

CONSELHO EDITORIAL

Leila Damiana Almeida dos Santos Souza

Leilane Silveira D'Ávila

Luciana da Cruz Brito

Maurício Ferreira da Silva

Paula Hayasi Pinho

Paulo Henrique Ribeiro do Nascimento

Rafael dos Reis Ferreira

Rosineide Pereira Mubarack Garcia (Presidente)

Rubens da Cunha

SUPLENTE

Carlos Alfredo Lopes de Carvalho

Marcílio Delan Baliza Fernandes

Tatiana Polliana Pinto de Lima

COMITÊ CIENTÍFICO

(Referente ao Edital n. 001/2020 EDUFRB – Coleção Sucesso
Acadêmico na Graduação da UFRB)

Alexandra Cruz Passuello

Anaxsandra da Costa Lima Duarte

Cleidson Carneiro Guimarães

Renê Medeiros de Souza

Weiner Gustavo Silva Costa

EDITORA FILIADA À



Associação Brasileira
das Editoras Universitárias

Anaxsandra da Costa Lima Duarte
Sérgio Santos de Jesus
Weiner Gustavo Silva Costa
(Organizadores)

DA CIVIL PARA A CIVILIZAÇÃO



Editora UFRB
Cruz das Almas - Bahia
2023

Copyright©2023 by Anaxsandra da Costa Lima Duarte
Sérgio Santos de Jesus e Weiner Gustavo Silva Costa
Direitos para esta edição cedidos à EDUFRB

Projeto gráfico, capa e editoração eletrônica

Antonio Vagno Santana Cardoso

Revisão e normatização técnica

Anaxsandra da Costa Lima Duarte

A reprodução não-autorizada desta publicação, por qualquer meio,
seja total ou parcial, constitui violação da Lei nº 9.610/98.

D111 Da civil para a civilização / Organizadores: Anaxsandra da Costa Lima Duarte, Sérgio Santos de Jesus e Weiner Gustavo Silva Costa. ... Cruz das Almas, BA: EDUFRB, 2023. 166p.; il.

Este livro eletrônico é parte da Coleção Sucesso Acadêmico na Graduação da UFRB. Volume XXXVI.

ISBN: 978-65-88622-32-2.

1. Engenharia civil – Pesquisa e desenvolvimento. 2. Engenharia civil – Inovações tecnológicas – Análise. I. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II. Duarte, Anaxsandra da Costa Lima. III. Jesus, Sérgio Santos de. IV. Costa, Weiner Gustavo Silva. V. Título.

CDD: 624

Ficha elaborada pela Biblioteca Universitária de Cruz das Almas - UFRB. Responsável pela Elaboração Antonio Marcos Sarmento das Chagas (Bibliotecário - CRB5 / 1615).

Livro publicado em 18 de abril de 2023.



Editora UFRB

Rua Rui Barbosa, 710 – Centro
44380-000 Cruz das Almas – Bahia/Brasil

Tel.: (75) 3621-7672

editora@reitoria.ufrb.edu.br

www.ufrb.edu.br/editora

Sumário

Prefácio

Cleidson Carneiro Guimarães 9

Apresentação

Sérgio Santos de Jesus 13

UFRB: gestão dos resíduos da construção

Tainara da Silva dos Santos,
Anaxsandra da Costa Lima Duarte 17

Materiais construtivos de edificações históricas

Michelle Lima Rebouças Pereira, Alexandra Cruz Passuello,
Maria da Graça Andrade Dias 31

Casa do Candeal: tipologia e técnicas construtivas

Iasmin Negrão Santos Pita,
Maria da Graça Andrade Dias 47

Mapa de danos através da aerofotogrametria arquitetural

Vanessa Gomes Gonçalves, Bruna Souza Rosa,
William da Silva Pereira, José Ricardo Gonçalves Magalhães,
Alexandra Cruz Passuello 63

Uma análise do plano de mobilidade

Alan Jones Brito dos Santos, Sérgio Santos de Jesus,
Sílvia Camargo Fernandes Miranda 79

Protótipo: impressora 3D para construção civil

Danilo Gomes Vitória, Ivanoé João Rodowanski
Renê Medeiros de Souza 95

Análise comparativa entre misturas asfálticas estocáveis

Felipe Freitas Santos de Jesus, Mario Sergio de Souza Almeida,
Marcos Couto Correia, André Iuri Sena de Carvalho,
Edison Góes de Araújo Neto 111

Patologias de fundações: estudo em Jacobina-BA

Iago Amorim Guilhermino de Jesus, Alexandra Cruz Passuello,
José Humberto Teixeira Santos, Weiner Gustavo Silva Costa 127

Capacidade de carga em ensaio de placa modificado

Jean Jacson de Jesus Santos, José Humberto Teixeira Santos,
Mario Sergio de Souza Almeida, Gustavo Rodrigues Vieira,
Weiner Gustavo Silva Costa 143

Autores 159

Prefácio

Cleudson Carneiro Guimarães¹

É muito difícil estabelecer com precisão o momento exato quando a utilização dos preceitos das ciências naturais começou a ser adotado na “arte ou no ofício do fazer”, que atualmente denominamos engenharia. Há quem aponte que o surgimento dessa área que tem sido um dos principais veículos para o desenvolvimento da nossa civilização se confunde propriamente com o início da humanidade. O ser humano, através do seu processo histórico - evolutivo, possui capacidades cognitivas diferenciadas que o conduzem à transformação, fazendo uso dos recursos disponibilizados pelo nosso ambiente natural.

No Brasil, diversos autores associam o surgimento da Engenharia com a vinda da família real a Salvador e a necessidade da construção de edificações, igrejas e fortificações. A partir dessa perspectiva, a história da nossa engenharia estaria associada à importação de um conhecimento técnico-científico estabelecido na Europa naquele período, cujo fim estava associado às grandes navegações e seus objetivos imperialistas. Sendo assim, os interesses da coroa portuguesa visavam o avanço das suas conquistas, criando condições de expandir e proteger suas novas descobertas. Muitos registros históricos apontam a Real Academia de Artilharia, Fortificação e Desenho, fundada no Rio de Janeiro no ano de 1792, como a primeira escola de Engenharia do Brasil.

Na Bahia, a engenharia também foi influenciada pelas técnicas europeias. Entretanto, em locais como o Recôncavo Baiano, desde o século XVI, os engenhos agregavam pessoas, artes e saberes na constituição de um conjunto arquitetônico, de infraestrutura, de desenvolvimento de máquinas, ferramentas e utensílios que tiveram uma forte contribuição por parte dos povos indígenas locais, bem como dos ne-

¹ Professor Mestre do CETEC/UFRB.

gros que aqui trabalhavam na produção da cana de açúcar. O trabalho da terra crua, no uso do adobe e da taipa, teve grande importância na construção das edificações locais. As técnicas construtivas utilizadas foram compostas pelas experiências daqueles que nelas trabalhavam. Mesmo como toda essa histórica, a Bahia somente recebeu a sua primeira instituição de ensino superior no ano de 1897, através da fundação da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia (UFBA) por Arthur de Mendes Sá. E apesar de, historicamente o Recôncavo da Bahia ter sido berço de uma engenharia particular, caracterizada por uma miscigenação de experiências, a primeira universidade da região somente foi fundada no ano de 2005 com a criação da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, que trouxe consigo o curso de graduação em Engenharia Civil.

Desde os primórdios do início da nossa civilização, muito se evoluiu em termos de engenharia e, atualmente, é difícil dissociar os conhecimentos e técnicas da engenharia do próprio desenvolvimento da sociedade. Inclusive, o setor da construção civil, é um dos principais motores da economia dos países. É por meio da construção civil que a infraestrutura de uma nação é construída. Talvez seja possível dizer até que, ela é muito mais do que isso, pois é por meio da atuação dos profissionais da construção civil que sonhos são transformados, concretizando-se na forma de edificações, obras de arte, infraestrutura e demais produtos que harmonizem nossas necessidades com o espaço no qual vivemos.

Nos dias atuais temos consciência que as possibilidades criativas da engenharia são ilimitadas, porém neste cenário de constante transformação, é importante assegurar que as interações entre os seres humanos e os recursos naturais sejam estabelecidas a partir de relações harmônicas, garantindo o avanço da sociedade de forma construtiva e sustentável. A academia tem um papel importante nesse sentido, pois é responsável pela formação do agente transformador do meio, o profissional que deve fazer uso de seus conhecimentos técnicos-científicos, sem nunca os dissociar da ética e da responsabili-

dade socioambiental. Essa formação só é possível em um ambiente estimulado por pesquisas que se alimentem de um processo extensionista consciente.

O curso de Engenharia Civil da UFRB completou 9 anos de história nesse ano de 2020. Embora seja um curso jovem, a formação de nossos egressos tem como um dos pontos importantes o desenvolvimento de uma consciência crítica sobre os problemas atualmente enfrentados, não só pelo nosso país, mas especialmente pela região do Recôncavo da Bahia. Então, é com muito orgulho que apresentamos o E-book intitulado “Da civil para a civilização”, desenvolvido a partir dos trabalhos de pesquisas de nossos alunos, que acreditam no sonho que é possível, através do empenho e dedicação, provocar modificações nas realidades locais que ainda demandam da criatividade da engenharia. Sabemos que nossa história é recente, mas também acreditamos que esses grandes legados são construídos aos poucos. Que esse E-book seja o primeiro dos inúmeros outros trabalhos e legados que o Curso de Engenharia Civil possa deixar para a engenharia brasileira, especialmente aquela gerada no ventre de terras baianas.

Apresentação

Sérgio Santos de Jesus

Este livro apresenta diversos temas relacionados à Engenharia Civil, tais como técnicas construtivas, investigações patológicas de construção civil, materiais de construção, novas tecnologias, pavimentação e mobilidade urbana. O caráter heterogêneo desta obra se dá pelo fato de que a mesma é resultado de trabalhos de pesquisas e projetos de extensão desenvolvidos na graduação pelos discentes e docentes do curso de Engenharia Civil da UFRB.

Tendo em vista o grande campo de atuação da Engenharia Civil, espera-se que uma obra que tenha como fio condutor a publicação de trabalhos desenvolvidos por professores e alunos do curso seja bastante diversificada. O objetivo dos organizadores deste e-book foi promover o acesso a estes trabalhos, despertar o interesse pelos temas aqui abordados e fomentar a produção e publicação de novos trabalhos. Além disso, a publicação deste livro tornará visível, para a comunidade acadêmica interna e ao público externo, o esforço empregado pelos docentes e discentes na produção de novos conhecimentos e ferramentas no âmbito da Engenharia Civil.

No primeiro capítulo, as autoras Tainara da Silva dos Santos e Anaxsandra da Costa Lima Duarte retratam a necessidade da elaboração de um plano de gerenciamento de resíduos da construção civil para a UFRB. Os resultados da pesquisa realizada mostram que os custos de implantação do projeto representam um investimento pequeno frente aos benefícios econômicos, ambientais e sociais que se pode alcançar ao realizar o correto manejo dos resíduos.

No segundo capítulo as autoras Michelle Lima Rebouças Pereira, Alexandra Cruz Passuello e Maria da Graça Andrade Dias tratam sobre a preservação do patrimônio histórico na cidade de Cachoeira

levantando os principais materiais utilizados nas construções e visa contribuir para uma adequada intervenção nos imóveis.

O terceiro capítulo apresenta a Casa do Candéal, construção rural do início do século XX. As autoras Iasmin Negrão Santos Pita e Maria da Graça Andrade Dias apresentam reflexões acerca da importância histórica dessa construção, evidenciando a necessidade da sua preservação e fomentando o desenvolvimento de ações para o resgate da memória deste simbólico exemplar da arquitetura brasileira, possível de inserir-se num contexto turístico e econômico da cidade.

A aerofotogrametria arquitetural, método que possibilita a geração de ortoimagens de alta definição, permitindo a representação arquitetônica da edificação, é apresentada no quarto capítulo por Vanessa Gomes Gonçalves, Bruna Souza Rosa, William da Silva Pereira, José Ricardo Gonçalves Magalhães e Alexandra Cruz Passuello. Os autores buscam analisar a potencialidade das ortoimagens para elaboração de mapa de danos de fachadas e coberturas.

No quinto capítulo, os autores Alan Jones Brito dos Santos, Sérgio Santos de Jesus e Silvia Camargo Fernandes Miranda abordam a política nacional de mobilidade urbana brasileira e fazem uma análise sobre o plano de mobilidade da cidade de Feira de Santana. Os autores apontam que o plano não aborda os novos vetores de crescimento indicados pelo mercado imobiliário, além de desconsiderar as especificidades de cada região, que são aspectos preponderantes na cidade de Feira de Santana.

No sexto capítulo os autores Danilo Gomes Vitória, Ivanoé João Rodowanski e Renê Medeiros De Souza apresentam o desenvolvimento, em um software, de um pequeno protótipo de impressora 3D a baixo custo, visando beneficiar o campo da construção civil. Estima-se que, usando essa tecnologia, seria possível produzir um segmento de parede.

O sétimo capítulo os autores Felipe Freitas Santos de Jesus, Mario Sergio de Souza Almeida, Marcos Couto Correia, André Iuri Sena de Carvalho e Edison Góes de Araújo Neto avaliaram de forma comparativa uma Mistura Asfáltica Ensacada (MAE) e um Pré-Misturado a Frio (PMF) denso produzido em laboratório. Foi verificado que apesar das diferenças granulométricas e volumétricas, as misturas apresentaram semelhanças no teor de ligante utilizado e no comportamento mecânico com vistas a utilização em rodovias de tráfego leve e pesado.

Os autores Iago Amorim Guilhermino de Jesus, Alexandra Cruz Passuello, José Humberto Teixeira Santos e Weiner Gustavo Silva Costa apresentam no oitavo capítulo algumas manifestações patológicas recorrentes no setor da Engenharia Civil, a partir de um estudo de caso de uma edificação residencial na cidade de Jacobina-BA. Os autores destacam a investigação geotécnica e a realização de projetos básicos como soluções para redução de manifestações patológicas.

O nono capítulo apresenta um estudo que objetivou determinar a capacidade de carga de um solo de Cruz das Almas-BA, através do ensaio de placa. Os autores Jean Jacson de Jesus Santos, José Humberto Teixeira Santos, Mario Sergio de Souza Almeida, Gustavo Rodrigues Vieira e Weiner Gustavo Silva Costa destacam que a realização de ensaio de carregamento direto sobre placas, busca reproduzir em escala real ou reduzida o comportamento da futura fundação, servindo como ferramenta de auxílio na tomada de decisão para o dimensionamento.

Os organizadores deste livro têm a certeza de que os leitores, além de conhecerem os trabalhos desenvolvidos no curso de graduação de Engenharia Civil da UFRB, serão conduzidos a reflexões sobre diversas temáticas da área e serão instigados a desenvolver novos trabalhos.

Boa leitura!

UFRB: gestão dos resíduos da construção

*Tainara da Silva dos Santos
Anaxsandra da Costa Lima Duarte*

Introdução

A Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) foi criada em 2005 com a finalidade, entre outras elencadas no Art. 3º do seu estatuto, de “educar para o desenvolvimento sustentável” (UFRB, 2005). No entanto, em um diagnóstico realizado por Barbosa Júnior (2017), a Universidade apresentou diversas dificuldades em relação a gestão dos seus resíduos, em especial no tocante aos Resíduos da Construção Civil (RCC). De acordo com Barbosa Júnior (2017), a UFRB não possui nem o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), que seria um plano que abrangeria todos as tipologias de resíduos ali gerados, nem o Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC), instrumento mais específico.

No ano de 2006, quando estavam plenamente ativos apenas os *campi* Cruz das Almas e Santo Antônio de Jesus, a área construída da Universidade era de 26.699,06 m². Em 2009, com após a implementação dos *campi* Cachoeira e Amargosa, a área construída da UFRB passou a ser de 42.125,64 m²; já no ano de 2019, o valor da área é de 187.486,86 m² (UFRB, 2020). Isto representa um vertiginoso aumento de 700% em pouco mais de uma década.

Contudo, esse crescimento em termos de área construída, que traz consigo mais conforto e bem-estar aos alunos e servidores da instituição, também resultou em graves impactos ambientais decorrentes da gestão inadequadas dos RCCs gerados pelas obras de construção,

reforma e reparo dos prédios. Esse problema é tão sério e frequente que o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2002) elaborou a Resolução n° 307, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos da construção civil no Brasil, com o objetivo de regulamentar e fiscalizar as atividades de construção geradoras de resíduos, e assim assegurar um desenvolvimento sustentável.

Segundo a referida resolução, é de responsabilidade dos grandes geradores criar um PGRCC composto por ações voltadas para reduzir os impactos causados por esses resíduos. Este documento deve ter como objetivo estabelecer procedimentos necessários que se estendem desde a não geração de resíduos até o tratamento e a disposição final deles. Também determina que o plano deve contemplar aspectos referentes ao planejamento, fiscalização e regulamentação (CONAMA, 2002).

Apesar de não haver uma definição legal (que deve ser feita por meio de lei municipal) a Universidade Federal do Recôncavo da Bahia pode ser considerada como grande geradora de resíduos, tendo em vista sua expansão de área construída gera RCC. Além disso, a UFRB se enquadra no que está disposto na Lei Federal 12.305 (alínea “b” do inciso II do art. 20) que estabelece que estão sujeitos a elaboração do PGRS estabelecimentos de prestação de serviços que gerem resíduos “que, mesmo caracterizados como não perigosos, por sua natureza, composição ou volume, não sejam equiparados aos resíduos domiciliares pelo poder público municipal” (BRASIL, 2010).

Para legitimar a afirmação do parágrafo anterior, que baseia a relevância legal do presente trabalho, pode-se, por semelhança, apresentar o Artigo 2º do Decreto Municipal n° 26.916/2015 do município de Salvador:

São considerados Grandes Geradores, para fins deste Regulamento, os proprietários, possuidores ou titulares de estabelecimentos públicos, institucionais, de prestação de serviços, comerciais e industriais, terminais rodoviários e aeroportuários, entre outros, exceto residenciais,

cujo volume de resíduos sólidos gerados seja superior a 500 (quinhentos) litros/dia (SALVADOR, 2015).

A situação ainda se torna mais grave devido ao fato de que a geração de RCC na UFRB vai além das construções, reformas e reparos, no setor de manutenção predial da antiga Superintendência de Infraestrutura e Planejamento do Espaço Físico – SIPEF atualmente denominada Coordenadoria de Infraestrutura e Meio Ambiente – CI-MAM: também ocorre nas atividades acadêmicas realizadas nos laboratórios de Engenharia Civil. Tal agravante ressalta a responsabilidade moral de ensinar pelo bom exemplo. Barbosa Júnior (2017) ainda ressalta que a maioria dos servidores do setor responsável pelo setor de obras da Universidade desconhece a legislação que rege as normas referentes à gestão desses resíduos, o que acarreta um acúmulo de erros referentes ao manejo, tratamento e disposição final dos RCCs.

É notório que um gerenciamento deficiente de RCC contribui para a degradação da paisagem, aumenta a propagação de doenças (devido à atração de outros resíduos, que tornam o local propício à proliferação de vetores) e ainda gera problemas econômicos, já que o grande gerador deve arcar com os prejuízos causados pela disposição inadequada desses resíduos. A elaboração e implantação de um plano contribuiria para a minimização desses impactos.

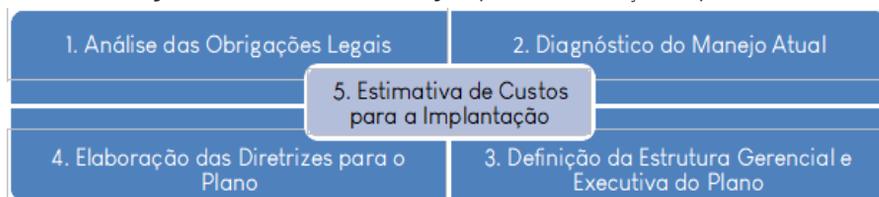
Neste contexto, o objetivo do presente trabalho é propor diretrizes para a elaboração de um PGRCC para UFRB, que atenda à legislação vigente e estabeleça procedimentos para a gestão adequada dos RCCs oriundos de atividades desenvolvidas pela instituição.

Trajetos de pesquisa

Para a elaboração de um plano, além das atividades que envolvem a participação social, exigida pela PNRS (BRASIL, 2010) é necessário o estabelecimento de algumas diretrizes técnicas, estabelecidas pela Resolução n° 307 (CONAMA, 2002) para as quais

o presente trabalho aponta. Na Figura 1 estão elencadas as cinco principais etapas que precederam à elaboração do plano, que serão melhor explicadas a seguir.

Figura 1 – Estrutura metodológica para a elaboração do plano.



Fonte: Autoras (2018).

Das obrigações legais

A Resolução n° 307 (CONAMA, 2002) prevê que cada município deve elaborar seu Plano Municipal de Resíduos da Construção Civil (PMGRCC) que norteará os planos de gerenciamento de cada grande gerador. Por isso fez-se necessário avaliar o PMGRCC de Cruz das Almas, a fim de verificar quais exigências o município. Além disto, é preciso conhecer quais as obrigações dos grandes geradores segundo o que está previsto na citada Resolução.

Sobre manejo atual

Com o objetivo de otimizar as práticas de manejo já em curso pela UFRB, bem como de reconhecer as possíveis deficiências do serviço, o presente trabalho utilizou o diagnóstico realizado por Barbosa Júnior (2017). Nele o autor identificou as possíveis fontes geradoras de RCC e como é realizado o gerenciamento desses materiais.

É sabido que todas as outras Instituições de Ensino Superior (IES) geram RCC; por isso esta etapa consistiu também na avaliação de como estas o gerenciam, no intuito de adaptar os modelos exitosos às necessidades da UFRB. A seleção das melhores práticas se deu com base nos princípios de não geração, redução e reutilização dos RCCs.

PGRCC: gerenciamento e execução

Esta etapa foi desenvolvida com base no conteúdo mínimo de um PGRCC (CONAMA, 2002, art 8^o), tendo em vista que a UFRB pode ser enquadrada como um grande gerador. Contudo, no âmbito da Instituição, os RCCs são gerados tanto por execução direta (reformas, reparos e construção de obras de menor porte) quanto em construções novas (obras executadas por empresas contratadas). Dessa forma, a Universidade também assume o papel de determinar os procedimentos para a distribuição de responsabilidades entre esses geradores; por conseguinte, no presente trabalho optou-se por também inserir no plano da UFRB elementos de um PMGRCC (CONAMA, 2002, art 5^o).

A partir do exposto, o Plano de Gerenciamento de RCC da UFRB (PGRCC-UFRB) deve conter os seguintes tópicos, com suas respectivas finalidades:

Estrutura Organizacional e Competências e Responsabilidades: este tópico visa reconhecer os setores envolvidos em cada uma das atividades do gerenciamento de RCC, para a) atender demandas de maneira eficiente e b) propor reformulação, se for o caso. Este diagnóstico se deu através de pesquisa no site da Universidade.

Manejo, Tratamento e Disposição Final: a partir da experiência da literatura, foram propostos os métodos mais apropriados para a não-geração, manuseio, tratamento, reutilização/reciclagem e disposição final dos RCCs.

Ações Incentivadoras para a Educação Ambiental e Comunicação: neste tópico foram propostas ações que visam educar ambientalmente e socialmente todos os indivíduos envolvidos no processo de geração do RCC.

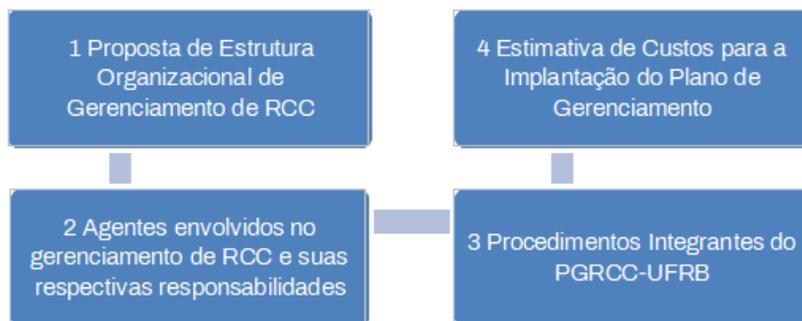
Tendo como base os tópicos do plano, em consonância com a situação atual da gestão dos resíduos, procedeu-se a redação do plano. Em seguida foram estabelecidos os custos para implantação do plano. Esta etapa foi desenvolvida com a utilização do banco de dados

do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAP), pelo qual foi feita a lista de materiais e custos necessários para construir uma área de transbordo e triagem, assim como os custos dos equipamentos necessários para o funcionamento eficaz do Plano de gerenciamento.

Resultados e Discussão

Devido ao caráter do presente trabalho, o seu resultado final consiste em um documento extenso, contendo as diretrizes técnicas para a elaboração de um plano de gerenciamento, cuja íntegra está disponível na monografia de Santos (2018). Na publicação em curso são apresentados apenas alguns tópicos de destaque, segundo a sequência apresentada na Figura 2.

Figura 2 - Tópicos-resumo do PGRCC-UFRB.



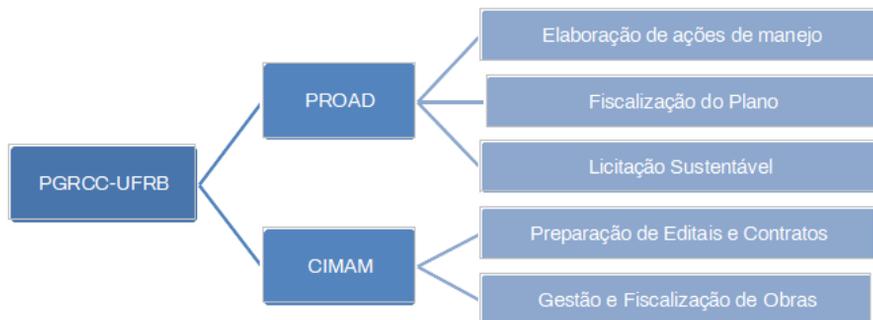
Fonte: Autoras (2018).

Proposta: estrutura organizacional

De acordo com a Resolução n° 307 (CONAMA, 2002) a responsabilidade pelos resíduos decorrentes de atividades de construção civil é atribuída a dois grupos principais: o gestor e o grande gerador. Avaliando as características peculiares da geração, a UFRB possui os dois níveis de responsabilidade no gerenciamento de RCC.

De maneira mais detalhada: quando a Instituição contrata empresas para execução de obras, ela funciona de forma similar ao gestor municipal, tendo, portanto, as obrigações previstas pelo Art 5º da Resolução nº 307. Quando a Universidade presta o serviço de construção diretamente (seja por reparo/reforma, pequenas construções ou atividades de ensino/pesquisa/extensão nos laboratórios de Engenharia Civil), ela se assemelha aos grandes geradores, e deve atentar para o que está definido no Art 8º da referida resolução. Assim sendo, sugerem-se, como incremento à situação atual, para a realização do gerenciamento de RCC, as atribuições e atividades mostradas na Figura 3.

Figura 3 - Atividades desenvolvidas pelos setores da administração e da infraestrutura².



Fonte: Autoras (2018).

Atribuições da PROAD

- Elaboração de ações referentes ao manejo correto dos RCCs: ações de educação ambiental para toda a comunidade acadêmica, e de participação social para a elaboração da versão final do PGRCC-UFRB. Proposição de ações de incen-

² PROAD - Pró- Reitoria de Administração. Atua na coordenação de gestão de logística, patrimonial, de contratos, de materiais e de aquisição de bens e serviços. CIMAM: Atua desde a contratação e/ou elaboração de projetos, até à entrega final de obras e reformas, passando por orçamentação, preparação de editais de licitação, formalização da contratação de empreiteiras e fiscalização.

tivo a reinserção dos RCCs no ciclo produtivo local.

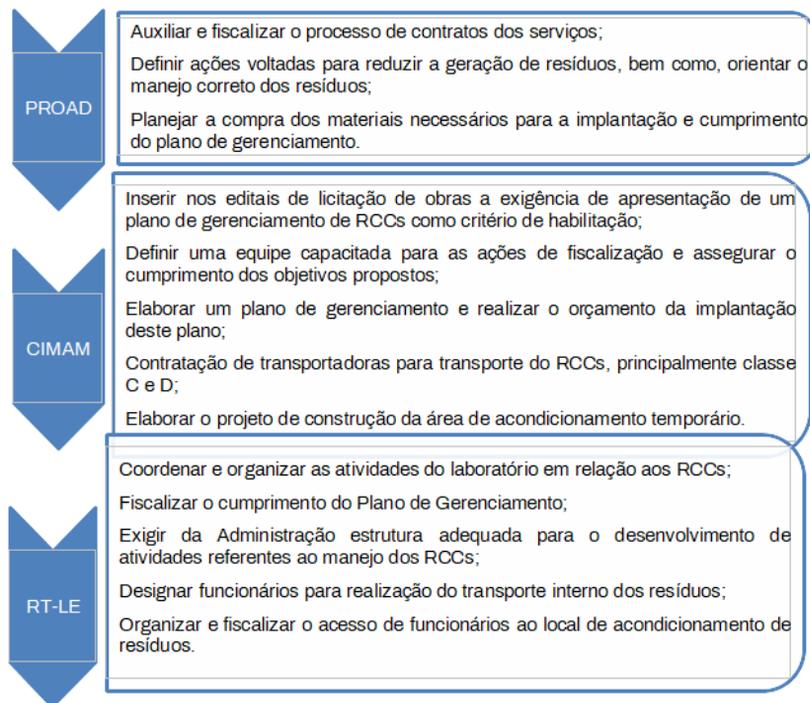
- Fiscalização do cumprimento do plano de gerenciamento: designação de equipe responsável por fiscalizar o cumprimento do PGRCC-UFRB nos Laboratórios de Engenharia e acompanhamento da fiscalização realizada pela CIMAM.
- Licitação sustentável: elaboração de editais de licitação para a aquisição de agregados reciclados, inserção de cláusulas que obriguem às empreiteiras ao cumprimento do PGRCC-UFRB.

Atribuições da CIMAM

- Preparação dos editais de licitação e contratação de empresas para execução de obras na universidade: incluir diretrizes referentes ao gerenciamento dos resíduos provenientes das atividades desenvolvidas pela empresa, observando o disposto no PGRCC-UFRB.
- Fiscalização das atividades desenvolvidas pelas empreiteiras contratadas: formar uma equipe responsável por fiscalizar o cumprimento das exigências estabelecidas pelo edital de contratação, bem como o cumprimento de todas as obrigações legais.

Agentes e responsabilidades

Os principais agentes envolvidos que contribuirão com ações para efetividade deste plano são a PROAD, a CIMAM e os Responsáveis Técnicos pelos nos Laboratórios de Engenharia (RT-LE), os quais deverão atuar segundo mostra a Figura 4.

Figura 4 - Agentes do gerenciamento do RCC e suas respectivas responsabilidades.

Fonte: Autoras (2018).

PGRCC-UFRB: Procedimentos

Como estratégia de adesão, o edital de licitação deve explicitar que é de responsabilidade da empreiteira, contratada para execução da obra, arcar com todos os custos decorrentes do gerenciamento dos resíduos provenientes de suas atividades, incluindo a segregação, acondicionamento, coleta, tratamento, transporte interno, externo e disposição final dos resíduos. Deve ser parte integrante do edital a exigência de apresentação de um plano de gerenciamento, como critério de habilitação.

No que diz respeito à prestação direta dos serviços de Engenharia (sob responsabilidade da CIMAM e dos RT-LEs), a PROAD deve fornecer os subsídios (estrutura física, equipamentos etc.) para que o plano seja implementado.

O Quadro 1 apresenta os itens obrigatórios no plano a ser apresentado pela empreiteira. É importante destacar que a Empreiteira, no papel de empresa geradora de RCC, tem a responsabilidade legal de arcar com todos os custos da execução do Plano.

Quadro 1 – Elementos exigidos no Plano de Gerenciamento da Empreiteira.

Atividade	Como será desenvolvida
Triagem	Com a utilização de baias identificadas e distribuídas no canteiro
Acondicionamento	Com a utilização de container, ou caçambas a depender do volume
Transporte final	Contrato de Empresas transportadora

Fonte: Autoras (2018).

Em atendimento ao disposto no art. 9º da Resolução n° 307 (CO-NAMA, 2002) o Plano de Gerenciamento de RCC dos Laboratórios de Engenharia deve contemplar as etapas constantes no Quadro 2.

Quadro 2 – Elementos exigidos no Plano de Gerenciamento dos Laboratórios de Engenharia.

Etapas	Local	Observações
Triagem ou Segregação	Bombonas	Devem ser identificadas segundo o tipo de resíduo.
Acondicionamento	Área de transbordo ou triagem	Deve ser feito logo após a triagem
Transporte Interno	Feito por carrinho de mão	Os funcionários designados levarão os resíduos da triagem até o local de acondicionamento temporário
Área de Transbordo e Triagem (ATT)	Área a ser construída ao lado do Laboratório de Engenharia	Este local deverá ser coberto, bem ventilado e impermeabilizado. Esta área deve ser um local destinado aos materiais que serão reutilizados no laboratório de engenharia.
Reutilização e Reciclagem	Instalação de um equipamento britador Utilização adequada de cada resíduo de acordo a sua classe.	Classificação especificada na Resolução n° 307.
Transporte externo	Realizado por uma transportadora contratada pela instituição.	A UFRB deverá contratar uma empresa transportadora devidamente licenciada para o transporte do RCC desde a ATT até o local de Destinação final.
Destinação Final	Áreas específicas para recebimento dos resíduos de acordo com as classes	Aterro Classe A, Galpão de triagem, Aterro Sanitário ou Aterro Industrial, conforme a classe do resíduo.

Fonte: Autoras (2018).

Programas e ações

Estes programas e as ações para participação e controle social consistem em atividades planejadas e executadas pela CIMAM e pela PROAD que visam a) receber as contribuições da comunidade acadêmica para a elaboração da versão final do PGRCC-UFRB; b) orientar e informar sobre a importância do manuseio correto dos RCCs, como mostra o Quadro 3.

Quadro 3 - Proposição de programas e ações para participação e controle social.

Programa	Forma de Execução	Objetivo	Público Alvo
Comunicação Visual	Identificação de áreas destinadas a receber os RCCs. Utilização de placas e materiais informativos.	Alertar ao máximo de pessoas sobre a importância do correto manuseio dos RCCS.	Comunidade Acadêmica
Educação Ambiental	Realização de Palestras, treinamentos e dinâmicas de grupo.	Participação e mobilização dos agentes envolvidos no processo.	Estudantes da UFRB. Docentes responsáveis pelos Laboratórios de Engenharia.
Incentivo a Reciclagem	Desenvolvimento de projetos de reaproveitamento de resíduos Cadastramento de catadores.	Reduzir a geração dos resíduos na fonte.	Estudantes da UFRB. Catadores.

Fonte: Autoras (2018).

Monitoramento e Fiscalização

Obedecendo à hierarquia organizacional da Universidade, a PROAD seria a estância superior de fiscalização, com a incumbência de supervisionar o exercício da CIMAM. Mas seria a CIMAM o órgão executor da fiscalização, principalmente no tocante às Empreiteiras. A atividade de fiscalização será feita seguindo a lista de verificação apresentada no Quadro 4.

Quadro 4 - Fiscalização do Manejo dos RCCs.

	GERENCIAMENTO DE RCCs	SIM	NÃO	OBSERVAÇÕES
1	O PGRCC apresentado tem sido obedecido?			
2	Existem locais para segregação dos RCCs?			Quais?

3	Existem locais de acondicionamento?			Quais?
4	Existem campanhas de conscientização?			Quais?
5	Existem ações para realização de reciclagem e reutilização dos resíduos após a sua geração?			Quais?
6	Há a identificação e quantificação desses resíduos?			
7	Há algum incentivo à reinserção dos resíduos reutilizáveis ou reciclados no ciclo produtivo?			Quais?

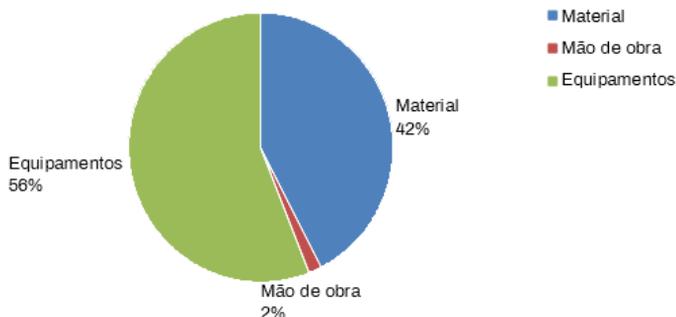
Fonte: Adaptado de Andere *et al* (2008).

Estimativa de Custos

Com base nas etapas constituintes do PGRCC-UFRB foi possível realizar uma estimativa do investimento necessário a implantação da Área de Transbordo e Triagem (ATT), inclusive com a aquisição de equipamentos, que é imprescindível para o correto manejo dos RCC provenientes dos Laboratórios de Engenharia e das obras de menor porte, executadas diretamente pela CIMAM.

Esta estimativa foi feita com a utilização do banco de dados do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAP). A planilha orçamentária detalhada está disponível na monografia de Santos (2018). O valor gasto estimado, com preços atualizados, para a implantação da ATT foi de R\$140.470,45. A Figura 5 apresenta os principais componentes deste custo.

Figura 5 - Componentes do valor total da ATT.



Fonte: Autoras (2020).

Conclusão

De acordo com os resultados obtidos neste trabalho pode-se concluir que:

Apesar dos dezoito anos de existência da normativa da CONAMA, a UFRB ainda está longe de cumpri-la. A elaboração, portanto, de um Plano se apresenta como um passo primordial para mudar essa realidade.

Os princípios e as exigências estabelecidas pela Resolução n° 307 se mostraram úteis como norteadores para formulação do conteúdo do plano; porém apenas a normativa é insuficiente. Conhecer experiências bem-sucedidas de outras IES, de outros municípios e de grandes obras permitiu a proposição de atividades que tornam o PGRCC-UFRB muito próximo de um projeto executivo.

Através do levantamento bibliográfico foi possível perceber que muitas IES não realizam o gerenciamento adequado dos RCCs. Diante das experiências observadas percebeu-se que as mesmas não possuem um plano de gerenciamento próprio, como é exigido pela Resolução n° 307 para os grandes geradores, e que geralmente essas instituições delegam as responsabilidades para empresas terceirizadas. Todas as experiências analisadas mostraram que a UFRB é pioneira nessa iniciativa de propor diretrizes para a elaboração de um plano de gerenciamento de RCC.

A implantação do plano de gerenciamento traz benefícios para a instituição que vai desde economia, cuidados com o meio ambiente e pessoas, redução de desperdícios. Além disso se o plano for seguido de maneira correta a Universidade terá possibilidade de certificações ambientais, o que contribui para o crescimento e maior visualização da instituição na sociedade. Esse plano teve foco no campus de Cruz das Almas, mas poderia replicado nos demais campus da UFRB, obedecendo as peculiaridades de cada um.

O orçamento realizado para verificar os custos de implantação da ATT mostrou que os gastos representam um investimento pequeno frente aos benefícios ambientais, econômicos e sociais que se pode alcançar ao realizar o correto manejo dos RCC.

Referências

ANDERE, P. A. R; SANTOS, H. I. **Disposição final de Resíduos da Construção Civil** – estudo de caso. 2008. 12 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Ambiental, Departamento de Engenharia, Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2008.

BARBOSA JÚNIOR, V. A. **Avaliação do gerenciamento dos resíduos sólidos produzidos pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – campus Cruz das Almas**. 2017. 109 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2017.

BRASIL. Congresso Nacional. **Lei N° 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, 2010. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 17 jan. 2018.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução n° 307, de 2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>. Acesso em: 17 jan. 2018.

SALVADOR. **Decreto n° 26916, de 16 de dezembro de 2015**. Altera e acrescenta dispositivos ao Decreto n° 25.316, de 12 de setembro de 2014, que regulamenta a obrigatoriedade de coleta, transporte, tratamento e destinação dos resíduos sólidos e disposição final dos rejeitos provenientes dos Grandes Geradores, e dá outras providências. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=313837> Acesso em 28 Feb 2018.

SANTOS, T. S. Proposta de um Plano de Gestão e Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil para a Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. 2018. 79 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2018.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA – UFRB. Pró- Reitoria de Planejamento. **UFRB em números**. 2020. Disponível em <https://www.ufrb.edu.br/proplan/ufrb-em-numeros>. Acessado em 16 junho 2020.

----- **Estatuto da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia**. 2005 Disponível em <https://ufrb.edu.br/portal/images/legislacao/Estatuto-UFRB.pdf>. Acessado em 16 junho 2020.

Materiais construtivos de edificações históricas

Michelle Lima Rebouças Pereira

Alexandra Cruz Passuello

Maria da Graça Andrade Dias

Introdução

O município de Cachoeira, localizado no Recôncavo da Bahia, tem grande importância histórica no contexto brasileiro. A cidade foi precursora na busca pela Independência da Bahia e do Brasil, onde muitas lutas armadas ocorridas no século XIX contra os portugueses partiram do seu território. Sua importância no cenário da história política baiana e brasileira foi conhecida como “Heroica”, pela Lei Provincial nº 43, de 13 de março de 1837, marcando o dia 25 de junho como uma data comemorativa a seus feitos (IBGE, 1958).

Os municípios de Cachoeira e São Félix formam uma única estrutura urbana, estando separados pelo Rio Paraguaçu. Desde o século XVII, Cachoeira e São Félix tinham seus portos situados frente a frente, onde o porto de São Félix era considerado a porta para o Sertão e o porto de Cachoeira estabelecia a ligação com as Estradas Reais em direção às Minas Gerais (FARIAS, 2018).

A Ponte D. Pedro II, o mercado, a ferrovia, a hidrelétrica e o acervo colonial são importantes marcos culturais da cidade. Entretanto, devido a localização privilegiada, Cachoeira tornou-se um significativo centro comercial, onde foram erigidas importantes edificações religiosas e civis (IPHAN/UFBA, 1979).

Diante da importância da preservação do patrimônio histórico no Brasil, foi instituído o Decreto – Lei nº 25, de 30 de novembro de 1937, dando início ao tombamento de inúmeros monumentos espalhados pelo território brasileiro realizado pelo IPHAN – Instituto de Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (BRASIL, 1937).

Na década de 1940, foram efetuados os primeiros tombos em edificações individuais da cidade de Cachoeira. Entretanto, só no ano de 1971, todo o conjunto arquitetônico e paisagístico da cidade, composto por 670 edificações dos séculos XVII, XVIII e XIX, foi tombado pelo IPHAN (IPHAN, 1975).

Entre os séculos XVIII e XIX, foram empregados nas edificações materiais construtivos à base de terra crua, como a taipa de pilão, o adobe e a taipa de mão. A taipa de pilão é uma técnica construtiva que permite o levante de paredes monolíticas e portantes (estruturais), a partir de prensagem da terra, e para sua execução utiliza-se fôrmas de madeira, chamadas de taipais (CARVALHO, 2015); com a finalidade de melhorar a resistência à tração eram adicionadas fibras vegetais ou animais (TREVISAN, 2003).

A taipa de mão foi muito utilizada em paredes internas. Esta técnica consiste no levante de uma parede com barro (solo argiloso) tendo como estrutura de suporte um ripamento de madeira ou outro material vegetal (RIBEIRO, 2003). Segundo Guillard (1993), o adobe constitui-se num dos mais antigos materiais de construção e, juntamente com a taipa, foram os sistemas construtivos em terra mais usados no planeta. Os adobes são tijolos que não são queimados, mas sim, secos naturalmente ao sol.

A alvenaria é considerada uma técnica de construção de paredes e muros, constituída por unidades de elementos resistentes unidos com argamassa (COLIN, 1990). Existe uma diversidade de materiais possíveis para constituírem as unidades de alvenaria, dentre elas encontram-se o adobe, tijolos cerâmicos, pedras, entre outras. Atualmente o tijolo cerâmico é o elemento mais comum dentre os tipos de alvenaria. A literatura relata a existência de inúmeros modelos de tijolos, com faces triangular, quadrada, retangular, sextavada, etc., porém o que mais se destacou e permanece popular até os dias de hoje é o retangular. É possível encontrá-lo tanto em paredes com função estrutural, quanto como vedação. As espessuras e dimensões utilizadas variaram muito ao longo do tempo, adequando-se às necessidades e aos arranjos ornamentais (MENDONÇA, 2010).

De acordo com Mascarélo (1982), as argamassas eram utilizadas nessa época, como ligante das unidades de alvenaria, feitas a partir da cal, areia ou argila, podendo ser complementadas com óleos, fibras vegetais e animais, entres outros. A cal foi bastante utilizada como componente das argamassas antigas (SANTIAGO et al., 2005). Na arquitetura colonial a cal foi muito utilizada na argamassa e na pintura das paredes; só a partir do século XIX, é que começaram a utilizar tintas à base de óleo (KLÜPPEL; SANTANA, 2005).

Outro material utilizado na confecção de alvenarias foi a pedra, segundo Ribeiro (2003), desde os tempos da colonização, as pedras são utilizadas nas construções antigas. No Brasil é possível encontrar como principais técnicas de aplicação, a pedra seca, a pedra e barro e pedra e cal. Na alvenaria de pedra e barro, as paredes produzidas eram finalizadas com emboço de barro e reboco de cal e areia Para vedação e contorno dos vãos, utilizava-se a cantaria (pedra), madeira, enxilharia (pedra com face aparente aparelhada) e de lancil (um tipo de laje de cantaria), nas folhas das portas e janelas utilizava-se a madeira (VASCONCELLOS, 1979).

A madeira sempre foi empregada com frequência nas obras de engenharia e arquitetura, juntamente com a pedra e o barro, principalmente antes do século XX, período onde não havia diversidade de materiais. Como parte do sistema construtivo estrutural, a madeira foi um dos materiais mais utilizados no Brasil (VASCONCELLOS, 1979). Em edificações no final do século XIX, encontram-se os mais variados tipos de pisos, sendo o assoalho o mais encontrado nos sobrados.

Grande parte das coberturas das edificações históricas é constituída por estrutura de madeira com tesouras, caibros, ripas e telha cerâmica tipo canal ou francesa (RIBEIRO, 2003). Os telhados podiam ser finalizados tanto com platibanda como por beiral, sendo o beiral mais utilizado no período colonial (MENDONÇA, 2010).

O vidro começou a ser inserido a partir do final do século XVIII (COLIN, 1990). O ferro fundido foi um material utilizado desde a antiguidade, sendo que no Brasil surgiu a partir do século XIX. Foi muito

empregado em coretos de praças públicas, em escadas, estruturas de claraboias, marquises envidraçadas, gradis, guarda-corpos e colunas ornamentadas (MENDONÇA, 2010). O conhecimento dos materiais que constituem uma edificação, suas propriedades e comportamento, consiste em dados importantes que visam contribuir na escolha do processo ideal de intervenção, servindo como referência para preservação de suas características originais.

Constitui-se como principal objetivo deste trabalho realizar o levantamento dos materiais utilizados na construção de algumas edificações localizadas na área tombada do conjunto arquitetônico e paisagístico do município de Cachoeira. A pesquisa possui caráter ilustrativo, referente aos diferentes tipos de materiais encontrados nas edificações e o processo de identificação baseou-se em reconhecimentos visuais, não sendo utilizados ensaios específicos.

Material e métodos

Utilizou-se como metodologia um estudo exploratório e descritivo, embasado em levantamento de campo, dados bibliográficos, documentais, registros fotográficos e aéreos com o uso do drone, visando identificar as características construtivas, correspondente aos materiais e técnicas empregadas nas edificações.

Esta pesquisa envolveu inspeções nas fachadas e coberturas de oito edificações (Figura 1), localizadas na parte central de Cachoeira, nas imediações da Praça da Aclamação, sítio histórico, onde encontra-se a antiga sede do Governo da Província da Bahia (1698), atualmente Prefeitura Municipal e Câmara de Vereadores de Cachoeira e Museu e Galeria da Câmara Municipal. Esta praça abriga também o Convento e Igreja de Nossa Senhora do Carmo (1751), um dos monumentos mais importantes de Cachoeira e um antigo canhão utilizado contra o exército português na guerra da independência da Bahia.

Figura 1 – Localização das edificações analisadas.

Fonte: Google Earth (2019).

A escolha dos imóveis foi pautada pela condição em que se encontravam, os que apresentam maior deterioração, permitiram maior visibilidade dos materiais construtivos, pois geralmente, ficam encobertos pelos revestimentos. Algumas destas edificações aparentam estar em abandono completo, enquanto outras ainda estão sendo total ou parcialmente ocupadas por residências e/ou comércio.

As inspeções foram realizadas em junho de 2019, as condições climáticas nesta época apresentavam instabilidade com precipitações atmosféricas recorrentes ao longo do dia. As inspeções foram feitas visualmente e complementadas com a captação de imagens fotográficas, permitindo o registro dos materiais de construção identificados. Para isso foi utilizada uma câmera do celular Moto g6 Play, com resolução de 13 megapixels. As imagens dos andares superiores e da cobertura foram obtidas utilizando um drone Phantom 4 Advanced DJI, com sensor CMOS de 1 polegada e 20 megapixels de resolução das imagens.

No levantamento fotográfico, as imagens das fachadas e coberturas foram captadas com a utilização de câmera acoplada ao drone. O voo do drone foi organizado de forma manual, seguindo o roteiro organizado. A identificação dos imóveis foi realizada por meio de códigos e registros de endereço conforme Quadro 1.

Para o registro das edificações foi desenvolvido um *layout* para fichamento das edificações, onde são apresentados os dados relativos à idade da construção, código da edificação, sinais de intervenção, situação geral da edificação, localização do imóvel, materiais de construção identificados, bem como uma foto geral da edificação e fotos detalhadas dos materiais de construção identificados.

Quadro 1 – Códigos das edificações.

Código da Edificação	Localização
EDI-1	Rua Vinte e Cinco de Junho, 7
EDI-2	Rua Vinte e Cinco de Junho, 9
EDI-3	Praça Teixeira de Freitas, 4
EDI-4	Rua Treze de Maio, 1
EDI-5	Rua Sete de Setembro, 17
EDI-6	Rua Virgílio Reis, 11
EDI-7	Rua Treze de Maio, 3
EDI-8	Rua Virgílio Reis, 19

Fonte: Autores (2019).

Resultados e discussões

No levantamento de campo buscou-se identificar visualmente os materiais de construção presentes nas edificações com registro e descrição dos materiais construtivos que se apresentavam visíveis. Para complementar os dados sobre o imóvel, foram analisado o estado geral da edificação e consultados os registros documentais ou informações verbais referentes às intervenções anteriores.

A cada deslocamento era necessário pousar o drone e levantar o voo na área onde se encontrava a edificação, pois existia a possibilidade de encontrar alguns obstáculos na área do voo. A obtenção da imagem completa de algumas fachadas, foi dificultada pela presença de bandeirolas em decorrência da decoração junina, dentre outras limitações, tais como fios e postes da rede elétrica, presença de árvores, ruas estreitas e interferências na conexão do GPS. As oito edificações analisadas estão discriminadas a seguir:

EDI 1 – Sobrado de dois pavimentos, sendo o inferior utilizado para fins comerciais e o superior para fins residenciais, representado na Figura 2 (a) e (b).

Possui frontispício emoldurado por cimalha e platibanda com ornatos característicos do início do século XIX. Construção em alvenaria de tijolo cerâmico maciço retangular, dispostos de forma irregular. Possui argamassa de assentamento de cor vermelha, possivelmente por conter maior porcentagem de argila, diferente da argamassa de revestimento que tem a coloração mais clara, característica da cal. As esquadrias são em madeira, as janelas rasgadas do andar superior, apresentam vergas retas e cantos arredondados, possuem bandeiras e folhas em caixilho de vidro que abrem para um balcão corrido com guarda-corpo em ferro fundido; as portas do térreo são em madeira maciça. Por meio do sobrevoo foi possível identificar o sistema da cobertura de duas águas, com telhas cerâmicas colonial e elementos de capa e canal independentes. O estado de conservação do primeiro pavimento é precário, o que impossibilitou o acesso para a prospecção da pintura. Em contrapartida o térreo apresenta sinais de intervenções, com pintura no revestimento externo e nas esquadrias.

Figura 2 – Fachada frontal (a) e detalhe construtivo (b).



(a)



(b)

Fonte: Acervo dos autores (2019).

EDI 2 - Sobrado de dois pavimentos, encontra-se em ruínas e com perdas generalizadas. Não existe vestígios de alterações no pavimento superior e o térreo apresenta pintura recente, provavelmente por intervenção de moradores que invadiram o imóvel, observar na Figura 3 (a) e (b).

Figuras 3 - Fachada frontal (a) e detalhe construtivo (b).



Fonte: Acervo dos autores (2019).

A fachada possui cimalha e beiral, elementos característicos de edificações do século XVIII. No seu frontispício identificou-se uma diversidade de materiais utilizados na alvenaria, composta por tijolos cerâmicos maciços e pedras. Através do sobrevoo, foram visualizadas paredes externas construídas com diferentes materiais, como pedras e tijolos. A cobertura em duas águas e partes com fechamento em tijolos. Os tijolos foram assentados uniformemente na construção. As pedras foram fixadas de forma irregular; as argamassas de assentamento e de revestimento apresentam características que sugerem a possível utilização de cal na sua composição, devido a cor esbranquiçada predominante. Assim como na maioria dos imóveis dessa época, as esquadrias das portas e janelas são em madeira, possui vergas retas com ornatos sobrepostos.

EDI 3 - Imóvel de dois pavimentos, com características do século XIX, apresentando cimalha e platibanda com ornatos. No térreo funciona um comércio (bar) e o primeiro pavimento, em arruinamen-

to, foi utilizado anteriormente como residência. Construção em tijolos cerâmicos maciços e pedras; na fachada observou-se a utilização de argamassa com maior concentração de argila, pela intensidade da cor apresentada (Figura 4 (a) e (b)).

Figura 4 – Fachada frontal (a) e detalhe construtivo (b).



Fonte: Acervo dos autores (2019).

O pavimento superior mantém a característica arquitetônica da época da construção, as esquadrias são em madeira, possuem vergas retas com extremidades arredondadas, bandeiras em caixilho de vidro, janelas rasgadas com sacadas, guarda-corpos em ferro fundido; o assoalho deste pavimento é em madeira fixa em barrotes. As telhas cerâmicas completam o sistema de cobertura em duas águas. O pavimento térreo sofreu muitas intervenções, apresentando esquadrias maiores, acréscimo de marquise em concreto armado, atualmente com estrutura exposta e oxidada. Verificou-se a presença de materiais cimentícios tanto na alvenaria, quanto no revestimento. Além disso, percebeu-se a utilização de massa de regularização e várias camadas de pinturas com cores diferentes.

EDI 4 – Sobrado construído no início do século XIX, com dois pavimentos. A edificação possui uma diversidade de materiais como: tijolos cerâmicos maciços e pedras. Na argamassa tanto de assentamento quanto de revestimento, observou-se a possibilidade do material ligante ter sido produzido por cal, argila e cimento, visto que perce-

be-se uma coloração escura e avermelhada, clara e esbranquiçada, além do cinza. As esquadrias são de madeira com vergas retas e bandeiras com detalhes em vidro, os peitoris em cantaria. Nas sacadas, os guarda-corpos foram confeccionados em alvenaria, representados na Figura 5 (a) e (b).

Figura 5 – Fachada posterior (a) e detalhe construtivo (b).



(a)

(b)

Fonte: Acervo dos autores (2019).

O sistema de telhado, visualizado através do sobrevoo do drone, apresenta estrutura de madeira e vestígios de telhamento cerâmico. Em janeiro de 2019, parte da estrutura da edificação sofreu um colapso e atualmente encontra-se interditada. Percebe-se que esta edificação sofreu inúmeras intervenções ao longo dos anos, identificadas tanto na parte estrutural quanto na de revestimento. Provavelmente quando foi construída, deveria ser apenas de tijolos cerâmicos e pedras, como a maioria das edificações construídas no mesmo período, e nas intervenções devem ter acrescentado o material cimentício. Foi possível visualizar, principalmente nos escombros, elementos estruturais em concreto armado.

EDI 5 - Sobrado de dois pavimentos, com características de meados do século XIX, possui platibanda, cimalha e ornatos simplificados; parte da edificação desabou e encontra-se em ruínas. Nesse imóvel, os materiais seguem a tendência da época de sua construção, com a utilização de tijolos cerâmicos maciços, pedras nas alvenarias, argamassas

de cal em maior quantidade no revestimento. As esquadrias são em madeira e vidro, janelas rasgadas e portas com vergas retas e bandeiras. Apresenta balcão corrido com guarda corpo em alvenaria e detalhes em treliça (Figura 6 (a) e (b)). O sistema de cobertura em duas águas, possui madeira na estrutura do telhado e vestígios de telha cerâmica colonial.

Figura 6 – Fachada frontal (a) e detalhe construtivo (b).



(a)

(b)

Fonte: Acervo dos autores (2019).

EDI 6 – Sobrado de dois pavimentos, atualmente em ruínas. Possui características de final do século XVIII, como pode ser observado na Figura 7 (a) e (b).

Figura 7 – Fachada frontal (a) e Detalhe construtivo (b).



(a)

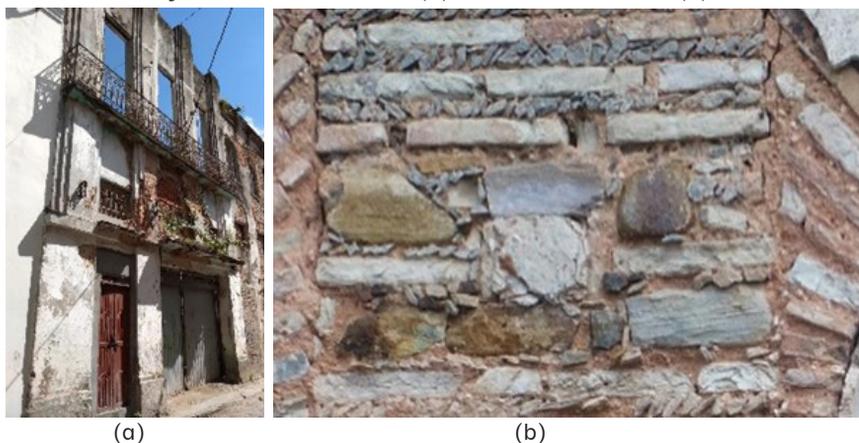
(b)

Fonte: Acervo dos autores (2019).

Fachada com acabamentos laterais em cunhais, vãos de janelas rasgadas e portas com vergas em arco pleno; possui balcão corrido com guarda-corpo em ferro fundido. A alvenaria desta edificação possui uma heterogeneidade de materiais, apresentando tijolos cerâmicos maciços de diferentes tamanhos, pedras talhadas e de seixos rolados. Os elementos da alvenaria foram assentados de formas diversas. Foram encontradas intervenções nas paredes onde utilizaram tijolos cerâmicos com espessura diferente da construção original. As argamassas foram utilizadas com variação de concentração de cal e argila na sua composição. As esquadrias são em madeira e caixilho de vidro. Foram encontrados vestígios de telhas cerâmicas nas áreas superiores das paredes. Os vãos do pavimento térreo da edificação foram fechados como forma de evitar o acesso.

EDI 7 - Sobrado com características do início do século XIX, apresentando três níveis, térreo, sobreloja e primeiro pavimento. Encontra-se em estado de arruinamento, sem cobertura e paredes internas (Figura 8 (a) e (b)).

Figura 8 – Fachada frontal (a) e Detalhe construtivo (b).



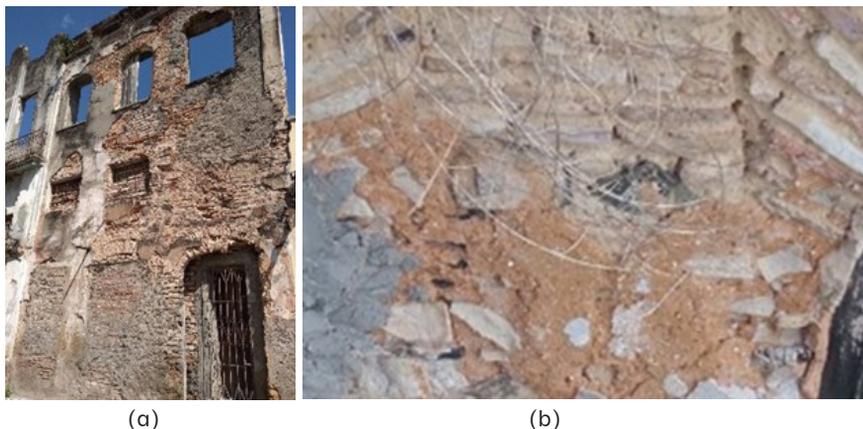
Fonte: Acervo dos autores (2019).

Permanece erguida a parede da fachada frontal; as paredes laterais são geminadas com outras edificações. A construção possui al-

venaria em tijolo cerâmico maciço, argamassas de cal e argila. Sendo que algumas partes da alvenaria são em concreto armado com vestígios de argamassa de cimento. As esquadrias são em madeira, o balcão corrido com guarda corpo e grades da sobreloja em ferro fundido. Foi possível detectar intervenções de pintura mais recente na parede interna do imóvel e substituição de portas da fachada frontal.

EDI 8 – Imóvel edificado em três níveis, com características do início do século XIX, apresentando: pavimento térreo, sobreloja e primeiro pavimento. Os vãos são em arco abatido com exceção da sobreloja que são com vergas retas; possui cimalha e beiral (Figura 9 (a) e (b)).

Figura 9 – Fachada frontal (a) e Detalhe construtivo (b).



Fonte: Acervo dos autores (2019).

Observou-se em diversas áreas da edificação a existência de argamassa de cimento como reboco, principalmente na parte interna, em contrapartida, na fachada foi utilizada de modo aleatório nas paredes. Em um dos vãos do térreo possui porta e grade acrescentadas recentemente; os demais vãos foram fechados. Na construção desse imóvel, foram utilizados o tijolo cerâmico maciço na alvenaria, argamassas de cal e de argila para assentamento e revestimento, e a madeira nas esquadrias. Atualmente o pavimento térreo dessa edificação funciona como depósito.

Conclusão

Constatou-se que na maioria das edificações foi utilizado a alvenaria em tijolo cerâmico maciço, de pequenas dimensões, assim como a pedra talhada e arredondada, ambos assentados com argamassa composta de cal e areia ou cal e solo argiloso. Nas sacadas, a madeira e o ferro fundido aparecem como materiais que compõem os vãos e esquadrias. No sistema de cobertura, a estrutura predominante é a madeira com telhas cerâmicas do tipo colonial. Foi possível constatar que novos materiais de construção foram sendo incorporados às edificações a partir de intervenções realizadas ao longo do tempo, sendo possível encontrar tijolo cerâmico furado e concreto.

A realização desse trabalho possibilitou o conhecimento de diversos tipos de materiais construtivos utilizados em oito imóveis históricos na cidade de Cachoeira - Bahia, datados entre os séculos XVIII e XIX. Observou-se que a maior parte dos imóveis encontrava-se em situação de degradação, permitindo melhor visualização dos elementos que os constituem. Para a identificação dos materiais tomou-se como base as informações sistematizadas no referencial teórico deste trabalho.

Espera-se que este trabalho possa contribuir para uma futura preservação ou restauração dos imóveis através dos elementos que foram apresentados. Alguns materiais não são indicados para uso em edificações históricas por apresentarem incompatibilidade, baixa durabilidade e não reversibilidade. Logo, torna-se fundamental o conhecimento do sistema construtivo original para embasar qualquer intervenção a ser realizada.

Referências

BRASIL. Decreto n. 25, de 30 de novembro de 1937. **Organiza a proteção do patrimônio histórico e artístico nacional**. Disponível em: http://portal.iphan.gov.br/uploads/legislacao/Decreto_Lei_n_25_de_30_de_novembro_de_1937_pdf.pdf. Acesso em: 3 out. 2018.

CARVALHO, R. N. F. M.; MIRANDA, C. **A taipa como patrimônio cultural**: a preservação do saber fazer. RCT – Revista de Ciência e Tecnologia, v. 1, n. 1, p. 10–28, 2015.

COLIN, S. V. **Técnicas Construtivas do Período Colonial**. 1990. Disponível em: <https://st4.ning.com/topology/rest/1.0/file/get/3163498197?profile=original>. Acesso em: 31 maio 2019.

FARIAS, S. C. **O Programa Monumenta e a sua implementação em Cachoeira**. Dissertação Mestrado. Universidade de Brasília. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Brasília, 2018.

GUILLARD, U. Construir em terra crua: técnicas antigas e modernas. *In: Arquitecturas de terra*: ou o futuro de uma tradição milenar. (Orgs) De-thier, J; Julien, C; Ribeiro, J. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1993.

IBGE. Cachoeira (BA). *In: Enciclopédia dos municípios brasileiros*. Obra conjunta dos Conselhos Nacional de Geografia e Nacional de Estatística. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. v. 20. p. 95–105, 1958. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv27295_20.pdf. Acesso em: 28 abr. 2019.

IPHAN. Cachoeira – BA. **Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional**. Site oficial. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/112>. Acesso em: 2 abr. 2019.

UFBA. **Introdução ao estudo da evolução Urbana de Cachoeira–BA**: Cachoeira nos séculos XIX e XX. Salvador: Centro de Estudos de Arquitetura da Bahia. Universidade Federal da Bahia. v. I e II, 1979.

KLÜPPEL, G. P.; SANTANA, M. C. **Manual de conservação preventiva para edificações**. Programa Monumenta. Instituto do Patrimônio e Artístico Nacional. Ministério da Cultura. Brasília, 2005.

MASCARÉLO, S. N.P. R. **Arquitetura no Brasil**. São Leopoldo: UNISINOS, 1982.

MENDONÇA, T. C. **Técnica e construção em Ramos de Azevedo**: a construção civil em Campinas. Dissertação em Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2010.

RIBEIRO, N. P. Técnicas construtivas nas alvenarias históricas, no Brasil. *In: Conservação e restauro: arquitetura*. BRAGA, M. (Org), Rio de Janeiro: Rio, 2003.

SANTIAGO, C. C.; RIBEIRO, I. B.; CAVALCANTI, J. M. Argamassas antigas aditivadas com óleo. *In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas*, 6., 2005, Florianópolis. Disponível em: <https://www.gtargamassas.org.br/eventos/file/260-argamassas-antigas-aditivadas-com-oleo?start=20>. Acesso em: 15 março 2019.

TREVISAN, R. Patologias nas construções históricas. *In: Conservação e restauro: arquitetura*. BRAGA, M. (Org), Rio de Janeiro: Rio, 2003.

VASCONCELLOS, S.; MELLO, S. **Arquitetura no Brasil: sistemas construtivos**. 5.ed. Belo Horizonte: UFMG, 1979.

Casa do Candeal: tipologia e técnicas construtivas

*Lasmin Negrão Santos Pita
Maria da Graça Andrade Dias*

Introdução

A Casa do Candeal está localizada na cidade de Cruz das Almas, município do Recôncavo da Bahia, região cujo povoamento foi iniciado a partir do século XVIII, onde seus percussores foram atraídos pela fertilidade do solo, resultando no desenvolvimento de culturas agrícolas como cana-de-açúcar, fumo e de subsistência (IBGE, 2018).

O progresso econômico e demográfico de Cruz das Almas, segundo Santana (1997), foi alavancado a partir do ano de 1943 com a instalação da Escola de Agronomia (UFBA), estabelecendo assim, um marco do ponto de vista socioeconômico, cultural e político e tornando Cruz das Almas detentora do título histórico de possuir em suas terras a escola mais antiga da América Latina. Em 2005, o Governo Federal por meio do Projeto de Expansão das Universidades Federais, transformou a Escola de Agronomia na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB).

A história da Casa do Candeal, isto é, “Palácio do Candeal”, de acordo com Santana (1997), confunde-se com a história da Escola de Agronomia, pois foi no período de sua instalação em terras cruzalmenses, que o interventor federal General Renato Onofre de Pinto Aleixo, mandou construir o “Palácio de Inverno”, nas terras da Escola, conhecida como Candeal. Embora a construção em estudo não seja oficialmente reconhecida como o Palácio de Inverno do governo do Estado da Bahia, permanece conhecida por alguns como Palácio do Candeal, até os dias de hoje. Esses dados sobre a possível construção do Palácio de Inverno constam do livro publicado em homenagem

ao centenário de Cruz das Almas, de autoria do professor Alino Matta Santana (1997), docente da antiga escola de Agronomia.

Não foi possível comprovar a veracidade das informações sobre a Casa do Candeval, relatadas pelo professor Santana, em diversas formas de investigação: pesquisas bibliográficas, entrevistas com moradores do imóvel, cartórios locais ou em registros oficiais, inclusive na Superintendência de Infraestrutura e Planejamento do Espaço Físico (SIPEF) da UFRB, não sendo encontrado registro de transferência de posse ou de responsabilidade pelo referido imóvel. No entanto, reconhece-se o destaque da representatividade construtiva do imóvel na área que ocupa (Figura 1).

Figura 1 – Casa do Candeval



Fonte: Pita (2017).

No curso da história da humanidade, fica evidente a percepção de que as casas se configuram como elementos fundamentais de cada sociedade, uma vez que estabelecem relações com todos os aspectos que envolvem a vida das pessoas. O espaço da moradia abriga o indivíduo e sua família, ao mesmo tempo, participa do diálogo existente entre as pessoas e a sua cultura (FREYRE, 1997). A residência é conformada a partir das demandas que a sociedade lhe apresenta, sejam elas de ordem econômica, social, religiosa, ou relacionada aos condicionantes naturais e materiais do ambiente físico.

As casas são espaços presentes nas culturas de diferentes grupos sociais e apresentam relação direta com o modo de vida das pessoas. A função abrigo constitui uma das suas principais demandas e as diversas maneiras como os indivíduos definem e organizam esse espaço evidenciam alguns aspectos relacionados à sua cultura. O clima, tipo de solo e disponibilidade de materiais, por exemplo, são determinantes na conformação das habitações, uma vez que podem estabelecer exigências específicas ou impor limitações decisivas (LEMOS, 1996).

As casas brasileiras passaram por algumas transformações ao longo dos séculos. A história do país apresenta uma série de acontecimentos de ordem política, econômica, social, e outros que influenciaram na conformação das cidades, das produções artísticas e arquitetônicas e das técnicas construtivas (SANTOS, 2011).

A Casa do Candéal constitui-se como um exemplar arquitetônico que, infelizmente, não possui o seu valor reconhecido pelo poder público. Sendo inegável que esta construção é digna de ser preservada para a história da cidade de Cruz das Almas. Observa-se que, com o crescimento, essa cidade vem perdendo a sua identidade em decorrência de demolições de imóveis antigos, que são substituídos por pequenos prédios, de vocação residencial, para abrigar estudantes.

O imóvel em estudo, construção rural de relevante representação arquitetônica, embora provavelmente construído no século XX, apresenta elementos próprios dos séculos XVIII e XIX. Vale salientar que as construções rurais brasileiras em sua maioria não possuíam projetos ou plantas, pois eram idealizadas pelos próprios proprietários ou terceiros (MARUYAMA; FERNANDES, 2015). Esse fato resultou na falta de registros e relativo desconhecimento acerca das características arquitetônicas desse tipo de construção, o que pode ser observado na escassez de literatura e pouca fundamentação sobre as técnicas construtivas (AZEVEDO, 2009).

Objetiva-se nesta pesquisa mostrar as características da arquitetura rural do município no início do século XIX, através da análise da Casa do Candéal, dos materiais e técnicas construtivas assim como,

o diagnóstico do estado de conservação. Visando estimular e, quem sabe, fundamentar ações públicas para o resgate e preservação da sua arquitetura e da sua memória.

Material e métodos

Utilizou-se como metodologia uma pesquisa exploratória e descritiva, de acordo com Lakatos e Marconi (1991) trata-se de um conjunto de preceitos e processos para obtenção dos propósitos embasados em pesquisas bibliográfica e de campo. A pesquisa bibliográfica foi realizada em publicações da área da Arquitetura o que permitiu discorrer sobre as características arquitetônicas luso-brasileiras e as técnicas aplicadas na construção civil nos séculos XVIII e XIX. A pesquisa de campo delimitou-se a visitas ao imóvel, para realização de levantamentos arquitetônicos e análise tipológica, registros fotográficos visando o estabelecimento de comparações iconográficas.

Buscou-se, também, fundamentação para discorrer, de maneira sintética, sobre a história da Casa do Candéal e da cidade de Cruz das Almas, por meio de pesquisas em livros e publicações sobre os fatos históricos e políticos ocorridos no início do século XX, o que contribuiu para elucidação de alguns dados sobre a construção desse imóvel.

Apresenta-se neste estudo a análise tipológica e arquitetônica da casa, suas características construtivas, estado de conservação e as transformações e intervenções sofridas ao longo dos anos, através das subdivisões físicas que foram realizadas, com o propósito de adequar o espaço para o abrigo de seis famílias. Diante disso, este estudo traz algumas reflexões sobre a importância histórica dessa construção especial, ao tempo em que, busca evidenciar a necessidade da sua preservação.

Resultados e discussão

A Casa do Candéal está localizada no campus da UFRB (Figura 2), em Cruz das Almas, próxima da Fazenda Experimental de Ciências Agrárias e da Estação Agroecológica da universidade, ficando a cerca de dois

quilômetros do prédio da Reitoria. Está próxima, também, da comunidade da Sapucaia, povoado humilde do município de Cruz das Almas.

Figura 2 – Localização da Casa do Candéal



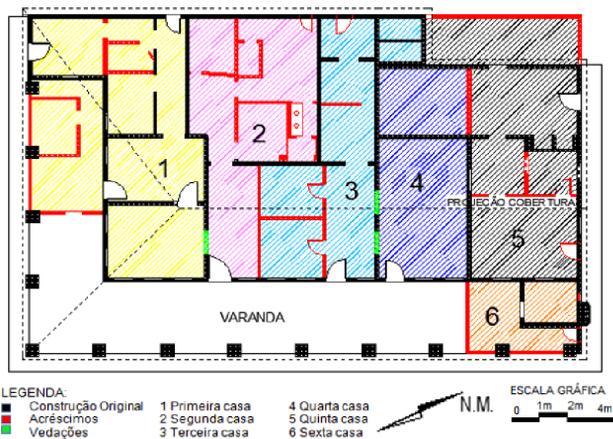
Fonte: Adaptado de Google Maps (2018).

Por meio do levantamento cadastral realizado em grande parte da edificação, utilizando o método de medição direta efetuado com trena, além de fotografias, foi possível plotar uma planta baixa do imóvel com as suas características atuais (Figura 3).

A divisão interna da casa foi elaborada com base em análises visuais, comparações iconográficas, entrevistas e conversas informais com alguns atuais moradores. Vale salientar que essa planta registra o estado atual do imóvel e que pelo impedimento de acesso por parte dos moradores das “casas 5 e 6”, para a realização do levantamento das dimensões dos cômodos, essas áreas estão com suas divisões internas presumidas.

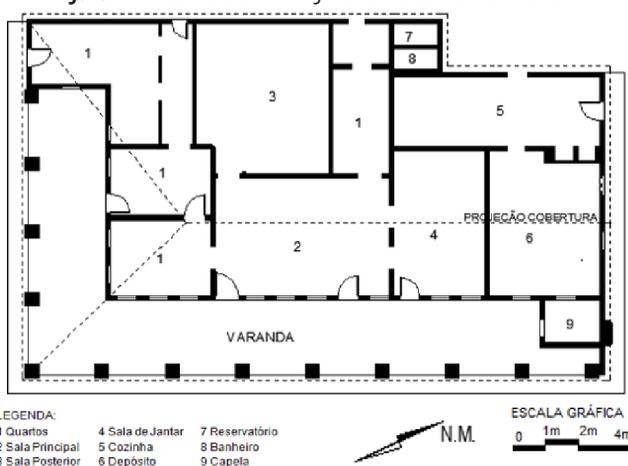
Essa edificação térrea ocupa uma área de aproximadamente 500 m², possui pé direito elevado, chegando a 4,05 m. Os cômodos são distribuídos da seguinte forma: os quartos ficam localizados na direção sudoeste, a fachada frontal está voltada para o sudeste e as dependências de serviço para o norte (Figura 4).

Figura 3 – Planta baixa atual da Casa do Candeal, com suas subdivisões.



Fonte: Elaborado pelas autoras (2018).

Figura 4 – Planta baixa original da Casa do Candeal.



Fonte: Elaborado pelas autoras (2018)

O alicerce da construção é de pedra (Figura 5), as paredes são estruturais, autoportantes, de blocos de adobe (Figura 6), possuindo espessura que varia entre 20 a 25 cm. A argamassa utilizada possui barro e areia na sua composição, o que foi identificado pela textura e coloração.

Figura 5 – Alicerce de pedra.

Fonte: Pita (2018).

Figura 6 – Blocos de adobe.

Fonte: Pita (2018).

As colunas da varanda são compostas por tijolos cerâmicos com argamassa, o que lhes conferem maior volumetria. A caixa mural das fachadas é inteiriça, com predominância de vazios sobre os cheios, principalmente na fachada principal e lateral esquerda. As superfícies são rebocadas com argamassa de barro e caiadas. A varanda em “L” possui grandes arcos abatidos dispostos sobre colunas largas de fustes pequenos, encimados pela cobertura de telha colonial, com acabamento em pequeno beiral e cimalha em estuque.

Na análise tipológica verificou-se que a Casa do Candéal é um exemplo unificador de várias linguagens arquitetônicas como o colonial e o eclético, que lhe confere um aspecto marcante. A planta da Casa do Candéal tem formato retangular, com varanda de grandes dimensões na parte frontal e lateral esquerda. Tem cômodos grandes, ventilados e iluminados, distribuídos em torno da sala central. O programa de necessidades da edificação, segundo Reis Filho (1968), estava condicionado ao nível técnico da mão de obra disponível na localidade, geralmente escasso.

Existem indícios que este imóvel era dividido em três setores: íntimo (na lateral esquerda), social (ao centro) e de serviço (na lateral direita). Sendo a ligação, entre esses setores, feita por corredores, cômodos ou salas de passagem. O acesso principal se dá pela varanda, que tem a função de recepção. Possui mais três ambientes de socialização: a primeira sala (sala de visitas), chamada geralmente de “sala da frente”, a sala de jantar e a sala posterior (sala de trás). A casa possui muitos quartos, cozinha na parte posterior direita e uma cape-

la com altar que avança para a área externa, situado na extremidade lateral direita (Figura 7), com provável acesso pela varanda. O altar simboliza religiosidade e devoção doméstica, muito presente nas residências da sociedade colonial dos séculos XVIII e XIX (FREYRE, 1997).

Figura 7 – Parte posterior do altar.



Fonte: Pita (2018).

A varanda é suntuosa e contorna as fachadas principal e lateral esquerda, apresentando grande número de arcos abatidos, sustentados por colunas com pequenos fustes, largos e abaulados, dispostas sobre bases com plintos quadrados (Figura 8).

Figura 8 – Detalhe do fuste, base e plinto da coluna.



Fonte: Pita (2017)

A disposição das esquadrias e das colunas têm intervalos regulares (Figuras 9 e 10). Esta solução assemelha-se aos padrões da arquitetura do período colonial, o que mostra a resistência desse modelo em pleno século XX, onde na época, segundo Lemos (1996), já estavam em processo de difusão novas linguagens estéticas e arquitetônicas, como o Modernismo, por exemplo.

Figura 9 - Disposição das colunas.



Fonte: Pita (2017).

Figura 10 - Esquadrias em intervalos iguais.



Fonte: Pita (2017).

Existe um grande número de esquadrias, principalmente janelas, muito próximas, o que contribui para reduzir a obscuridade. Sendo a maioria delas iguais esteticamente, de estrutura alta, acompanhando o alinhamento das portas. As vergas dos vãos e portas internas são horizontais e as das portas e janelas do exterior são em arco abatido. Exceções estão presentes nas esquadrias localizadas na parte lateral direita, em caixilhos de vidro e, apesar de estarem localizadas na fachada externa, possuem vergas horizontais (Figuras 11 e 12).

Figura 11 - Janela do setor de serviço.



Fonte: Pita (2017).

Figura 12 - Basculante do setor de serviço.



Fonte: Pita (2017).

Na sala principal há vestígios do piso original, formado por pequenos ladrilhos sextavados de 12 cm de diâmetro, em argila. Existem vestígios também do forro plano, com acabamento em cimalha, composição feita em estuque (mistura do gesso com água, cal e areia) (Figura 13).

Figura 13 – Detalhe do forro em estuque.



Fonte: Pita (2018).

A vedação dos vãos das portas e janelas exteriores e, algumas, interiores são feitas com folhas cegas, geralmente chamadas de calha, feitas de tábuas de madeira, unidas com encaixe macho e fêmea (Figura 16). Apresentam grandes dimensões, em folha única ou em folha dupla, dividida verticalmente. Nessas tábuas estão fixadas dobradiças de ferro fundido.

A cobertura da casa possui três águas, com empena lateral direita elevada. Essa cobertura é comumente chamada de “telhado de arrasto”, pelo fato do telhado se prolongar da cumeeira até a varanda da casa (FEIJÓ, 2015). As telhas utilizadas são cerâmicas, do tipo “capa e canal”, medindo cerca de 50 cm. Na cumeeira as telhas estão dispostas longitudinalmente. As madeiras utilizadas na cobertura são provavelmente oriundas da região, assim como o resto dos materiais. A estrutura que assenta as telhas é de madeira com desdobramento artesanal das peças, apresentando um sistema sem tesouras, constituído por barrotes, terças, frechais, pontaletes, caibros e ripas (VASCONCELOS, 1980). As peças de madeiras têm diferentes dimensões e seções, que dispostas em posições determinadas, desempenham funções distintas, muitas peças encontraram-se apoiadas inteira-

mente sobre as paredes. As telhas estão aderidas às ripas por atrito, sem nenhum tipo de encaixe ou amarrações, por isso a distância entre essas ripas é menor que o comprimento das telhas (Figura 14).

Figura 14 – Sistema de caibro armado, sem tesouras.



Fonte: Pita (2018).

Atualmente esse imóvel encontra-se ocupado por seis famílias que se instalaram no local e subdividiram os cômodos internos para favorecer aos seus interesses de acomodação. Várias portas, janelas, arcos e vãos foram vedados; novas paredes foram construídas e realizados acréscimos como abertura de vãos e portas de acesso entre ambientes.

Foram realizadas intervenções com o intuito de consertar áreas muito degradadas, como partes de paredes que haviam caído ou apresentavam fissuras. A cobertura foi preservada, só houve mudança de algumas telhas, assim como adições de barrotes e ripas da estrutura. Pequenas áreas do forro continuam preservadas e encontram-se pintadas. Algumas esquadrias e paredes, inclusive a que compõe a fachada, foram repintadas.

A maioria dos ocupantes do imóvel construiu pequenos sanitários e alguns substituíram o piso original por pisos cerâmicos esmaltados. As modificações foram realizadas sem o devido critério, onde observa-se cômodos muito pequenos, desalinhados, escuros e sem ventilação.

A casa encontra-se em acentuado estado de degradação; as áreas que não sofreram intervenções, reformas ou modificações apresen-

tam desgastes devido ao tempo de uso e à umidade característica da região. As paredes estão bastante danificadas, com descolamento de reboco em algumas áreas, fissuras, rachaduras, limo, áreas com abundante presença de fuligem (Figura 15), devido ao uso de fogão à lenha no interior da residência, vergas de portas com remendos e sujidades generalizadas. Como essas paredes são de estrutura autônoma e suportam o peso das madeiras do telhado, apresentam fissuras e trincas principalmente na parte superior. Partes das paredes que apresentam maior degradação estão localizadas na área posterior (Figura 16).

Figura 15 – Parede com fuligem. **Figura 16** – Trinca na parede.



Fonte: Pita (2018).

Algumas das manifestações patológicas existentes nas paredes são decorrentes da vedação dos vãos e intervenções inadequadas e incompatíveis com os materiais originais do imóvel. As esquadrias estão bastante danificadas, pela falta de manutenção adequada da madeira, o que ocasionou infestação de cupins e fungos, além de apresentar empenos e estragos generalizados.

As principais manifestações patológicas existentes no telhado, que é original, são decorrentes da infestação de cupins no madeiramento, embora algumas peças já tenham sido substituídas, a maioria apresenta-se em estado crítico de conservação, com deterioração em função do tempo, por falta de manutenção, por infiltração de umida-

de, causadas pela existência de telhas quebradas. Existem também ripas e outras peças fissuradas ou quebradas em certos pontos (Figuras 17 e 18). A substituição de peças danificadas por materiais inadequados vem comprometendo a estrutura da cobertura.

Figura 17 – Peça quebrada da cobertura. **Figura 18** – Peças da cobertura danificadas.



Fonte: Pita (2017).



Fonte: Pita (2017).

As telhas estão bastante danificadas o que permitiu infiltração da água e potencializou os danos da estrutura. Todas as patologias demandam intervenções de alto custo, o que é inviabilizado pela falta de condições financeiras das pessoas que residem no imóvel. No entorno do imóvel observa-se a construção irregular de três novas residências o que compromete a preservação da sua ambiência.

Conclusão

No caso específico da Casa do Candeal, torna-se relevante apontar para o curioso fato de que, apesar de tratar-se de uma construção recente, datada de quase meados do século passado, guarda traços evidentes da arquitetura colonial com alguns detalhes ecléticos. Muito provavelmente, ao que se pôde apurar, a referida construção se deu a partir do desejo de um mandatário, tendo como desfecho uma caracterização ímpar, em função da realidade local à época de sua construção, pois tratava-se de uma localidade carente de estrutura e de mão de obra especializada.

É fato que, como nos diz Lemos (1996), devido às precárias condições de preservação, grande parte das casas rurais dos primeiros séculos de colonização está desaparecida. Obviamente, as intempéries e a falta de manutenção acabam por fazer desaparecer alguns desses exemplares arquitetônicos históricos, seja por desgaste acentuado ou até mesmo por meio de demolições, o que na verdade ocorre na maioria dos casos. No entanto, o imóvel em estudo persiste ao tempo, mas, infelizmente, poderá não resistir a constantes intervenções realizadas inadequadamente.

Não obstante, avaliando a atual situação do imóvel, faz-se necessário compreender os motivos, os fatos e as circunstâncias em que se deram a ocupação e a real posse da Casa do Candeal ao longo de sua existência, bem como a responsabilidade por sua manutenção, negada ao longo de décadas e que permitiram chegar a situação em que se encontra. No que concerne ao estudo apresentado, este funda-se como fonte inspiradora à futuras análises, mais aprofundadas e detalhadas acerca do real nível de degradação, que possibilitem a elaboração de um projeto de recuperação desse imóvel, icônico e simbólico, exemplar histórico da arquitetura brasileira.

Considera-se, portanto, que este trabalho não esgota o tema, com a consciência de que nem tudo foi possível de ser esclarecido, descoberto e revelado. A escassez de informações concretas e objetivas, as grandes perdas materiais da edificação e demais dificuldades, suprimiram registros da trajetória da casa no tempo, impondo limites a este estudo. Contudo, o contexto histórico e as análises realizadas possibilitaram o resgate de parte da sua história.

Referências

AZEVEDO, E. B. **Engenhos do Recôncavo Baiano**. Brasília, DF: IPHAN/Programa Monumenta, 2009.

FEIJÓ, P. H. F. Considerações sobre a arquitetura vernácula de Seridó. In: **Casas e Casos: sobre modos de morar no Nordeste do Brasil**. (Org.) MARQUES, S. Natal: EDUFRN, 2015.

FREYRE, G. **Casa-Grande & Senzala**: formação da família brasileira sob o regime da economia patriarcal. Rio de Janeiro/Brasília: José Olympio, 1997.

GOOGLE MAPS. **UFRB-2018**. Disponível em: <https://www.google.com.br/aps/search/ufrb/@> Acesso em: 25 Mar 2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cruz das Almas - BA**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/cruz-das-almas/panorama>. Acesso em: 25 Mar 2018.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 1991.

LEMOS, C.A.C. **História da Casa Brasileira**. São Paulo: Contexto, 1996.

MARUYAMA, C.M.; FERNANDES, L. C. **Tradição da Arquitetura Rural no Sul e Sudeste**: do século XVI ao XX., 2015. Disponível em: <file:///C:/Users/win7/Downloads/99-1-371-1-10-20150902.pdf>. Acesso em: 30 Mar 2018.

REIS FILHO, N. G. **Contribuição ao estudo da evolução urbana do Brasil (1500/1720)**. São Paulo: Livraria Pioneira e Edusp, 1968.

----- **Quadro da arquitetura no Brasil**. 11. ed. São Paulo: Perspectiva, 2010.

SANTANA, A. M. **O Livro do Centenário**. 1ed. Salvador: Bureau, 1997.

SANTOS, S. D. V. **A casa brasileira do século XIX e seus desdobramentos na produção residencial de Belo Horizonte**: influência dos antecedentes coloniais e o papel do neoclassicismo e do ecletismo. 236f. Dissertação Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Escola de Arquitetura - UFMG, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2011.

UFRB. **Anuário de Pesquisa**: Conhecendo a UFRB. Disponível em: <https://www.ufrb.edu.br/analise/conhecendo-a-ufrb>. Acesso em: 26 Mar 2018.

VASCONCELOS, S. **Arquiteturas no Brasil**: sistemas construtivos. 6ed. Série Patrimônio Cultural, publ n. 3. Belo Horizonte: UFMG, 1980.

Mapa de danos através da aerofotogrametria arquitetural

Vanessa Gomes Gonçalves

Bruna Souza Rosa

William da Silva Pereira

José Ricardo Gonçalves Magalhães

Alexandra Cruz Passuello

Introdução

O mapa de danos é um documento técnico em que se discrimina gráfica e fotograficamente, de maneira minuciosa, todas as deteriorações visíveis da edificação (TINOCO, 2009). Conforme Tirello e Correa (2012), esses mapas costumam ser representados em elevações e as especificidades das anomalias e falhas presentes são ilustradas com a sobreposição de elementos gráficos, tais como: hachuras, cores, símbolos e números que, juntos ou separados, sintetizam as informações relacionadas às características do material, dos agentes e das causas de degradação.

São ferramentas eficazes para o planejamento das diretrizes projetuais de restauro, de previsões orçamentárias e de ações de monitoramento preventivo para auxiliar a boa conservação ao longo do tempo. No Brasil não existe normalizações definidas quanto a sua elaboração, então esses mapas são desenvolvidos através das experiências cotidianas dos profissionais, fato que conduz a um trabalho não padronizado, podendo gerar, inclusive, um material inadequado ou incompleto (BARTHEL; LINS; PESTANA, 2019).

Para confecção do mapa de danos é necessário fazer um levantamento minucioso das anomalias e falhas e representá-las graficamente no projeto arquitetônico. O levantamento dessas manifestações patológicas é feito por meio de uma inspeção visual, podendo ou

não ser empregadas outras técnicas investigativas, tais como ensaios destrutivos e não destrutivos que complementarão as informações necessárias ao correto diagnóstico dos processos de deterioração (TUTIKIAN; PACHECO, 2013). A partir das inspeções é gerada uma descrição textual do diagnóstico, mas para facilitar e orientar a elaboração e execução do projeto de recuperação, e/ou plano de manutenção, é também necessário representar os locais exatos onde as anomalias e falhas em peças gráficas estão. O resultado é justamente o mapa de danos da edificação.

Entretanto, nem sempre uma edificação possui o projeto gráfico que a concebeu, sendo esse fato bastante comum em obras antigas, requerendo assim um trabalho extra para refazê-los. A medição direta é o método mais simples para se obter a geometria das edificações, porém não é uma atividade fácil e rápida, devido às complexas geometrias das fachadas históricas (MELO JÚNIOR, 2016).

Considerando a possível falta de projeto arquitetônico, a necessidade da compreensão da edificação, tanto em termos geométricos como do seu estado de conservação, e da necessidade da execução de um documento gráfico que discrimine as manifestações patológicas e sua localização na estrutura, é que o uso de algumas técnicas inovativas se torna interessante. A fotogrametria digital, a partir de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) aparenta ser uma ferramenta atraente para acelerar e facilitar a obtenção das informações necessárias para o desenvolvimento dos mapas de danos.

A fotogrametria é a técnica que utiliza da ciência e tecnologia para se obter informações confiáveis através de imagens adquiridas por sensores (COELHO; BRITO, 2007), cujo objetivo é reconstruir um espaço tridimensional por meio de um conjunto de imagens bidimensionais. A aerofotogrametria é a fotogrametria realizada a partir de dispositivos aéreos, já sendo uma técnica bem consolidada nas áreas de cartografia e geodésia para levantamento e registros métricos. Entretanto, Valença (2006) menciona que algumas outras áreas, totalmente distintas dessas, começaram a ver a fotogrametria como uma

ferramenta extremamente útil e eficaz. A fotogrametria arquitetural, nome designado para uso da fotogrametria na obtenção de informações arquitetônicas, tem sido aplicada especialmente em trabalhos de revitalização e/ou restauro de monumentos históricos.

Os VANTs são os dispositivos que têm permitido a ampliação do uso da aerofotogrametria. Nos últimos anos foram desenvolvidos inúmeros equipamentos que permitem a realização de voos estáveis próximos a objetos, bem como a possibilidade de o equipamento pairar em um ponto fixo do espaço. Conforme Rauber *et al.* (2018), os *drones*, que são os VANTs de asas móveis, também denominados de multi-rottores, são os mais indicados para inspeções prediais devido à sua capacidade de mover-se em todas as direções num espaço limitado, sem perder a estabilidade. Os diferentes modelos permitem embarcar distintos tipos de sensores, desde câmeras digitais de alta precisão (RGB), até mesmo câmeras térmicas, que permitem ampliar ainda mais a gama de resultados que podem ser obtidos a partir de uma inspeção predial (AGOSTINHO, 2012).

A utilização de *drones* em conjunto com a técnica da fotogrametria pode reduzir o tempo necessário para obtenção de dados relativos à geometria das edificações, os elementos construtivos presentes e seu estado de conservação. O equipamento permite o contato visual a inúmeras partes das fachadas e cobertura, especialmente naquelas regiões mais difíceis de serem acessadas, colaborando assim, na agilidade da compreensão de muitos dos mecanismos de deterioração instaurados nos elementos construtivos (MORGENTHAL; HALLER-MANN, 2014).

Os sensores RGB são os tipos mais comuns e, também, os mais utilizados em trabalhos de aerofotogrametria com VANT. São caracterizados por câmeras fotográficas convencionais que capturam as imagens, mostrando como elas são visíveis por intermédio do olho humano. A resolução mínima deste tipo de sensor, para a obtenção de um processamento fotogramétrico satisfatório, dever ser de 5 megapixels (AGISOFT, 2020).

A metodologia para o procedimento de captura das imagens fotogramétricas através do VANT deverá considerar alguns parâmetros de controle que serão definidos para a realização do voo e para o registro das imagens, podendo ser manual ou automático. Entre esses parâmetros, a taxa de sobreposição das imagens a serem captadas é um dos mais relevantes, requerendo-se percentual mínimo de 80% para garantir um bom processamento pelo *software* (GROETELAARS; AMORIM, 2012). O controle desses parâmetros pode ser feito através de um aplicativo instalado em um *smartphone* ou *tablet* que será a interface de comunicação com o *drone*.

Existem diferentes *softwares* desenvolvidos para o processamento das imagens captadas pela técnica da fotogrametria digital, como por exemplo, o *Agisoft Metashape*, o *Colmap*, o *Visual SFM*, entre outros. Através desses programas é possível a criação de mosaicos, denominados de ortoimagens, construídos a partir da correlação automática de um conjunto de *pixels* homólogos, ou seja, iguais, existentes em fotos distintas. Dessa forma, são obtidas as coordenadas tridimensionais de pontos contidos na superfície dos objetos fotografados, resultando em um modelo geométrico de nuvem de pontos (GROETELAARS; AMORIM, 2012). Silva (2015) relata que a grande diferença entre os programas existentes é o maior ou menor grau de automatização no processo da fotogrametria digital.

As ortoimagens individuais das diferentes fachadas e coberturas podem ser transferidas para um *software* do tipo CAD que disponibilize de ferramentas para a construção do mapa de danos. Costa e Amorim (2009) utilizaram de ortoimagens para identificar os danos existentes em um monumento histórico fazendo uso da vetorização no *AutoCAD* para indicar, graficamente, a localização das manifestações patológicas. Silva (2014) também utilizou do mesmo tipo de *software*, porém propôs que as imagens obtidas fossem sobrepostas por uma malha de abertura de 0,5m X 0,5m. A partir disso, o autor associou as tipologias de dano às suas áreas de abrangência de deterioração. Esse processo se torna interessante tecnicamente, visto que permite a quantificação de danos em função da área atingida.

A partir do exposto acima, é possível perceber que o uso da fotogrametria, em concomitância com a utilização dos VANTs como veículos de transportes dos sensores, pode sim, contribuir na agilidade para elaboração de mapas de danos em edificações, que serão a base para a elaboração e execução dos projetos de intervenção.

O trabalho aqui apresentado mostra um exemplo de utilização da aerofotogrametria no intuito de produzir ortomosaicos de alta resolução que darão base para a construção de um mapa de danos. O objeto de estudo foi uma edificação construída na década de 1940. A pesquisa foi desenvolvida para entender as potencialidades da técnica na representação dos danos existentes na parte externa da edificação, considerando fachadas e cobertura.

Material e métodos

A construção estudada pertence à Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, localizada no município de Cruz das Almas. A edificação é o antigo prédio do Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas (CCAAB) e que, atualmente, está parcialmente desativado, abrigando apenas um arquivo morto. A edificação não é tombada, mas tem importância histórica para a instituição e para a própria cidade, visto que foi construída por volta do ano de 1940 na fazenda que abrigou a antiga Escola Agrônômica da Bahia.

A edificação é composta por dois pavimentos, com estrutura de concreto armado, alvenaria de tijolos cerâmicos, revestimento argamassado, esquadrias e estrutura do telhado de madeira coberta por telhas do tipo cerâmica.

O VANT utilizado para a captura das imagens foi um quadricóptero, modelo *DJI Phantom 4 Advanced* com câmera RGB acoplada (sensor 1" CMOS de 20 Mpx), que possui dois sensores anticolisão em sua parte frontal. O manuseio da plataforma de voo foi feito no modo misto (manual e automático) por meio dos aplicativos gratuitos *Pix4d capture* e *DJI GO*. A autonomia da bateria do VANT é de 28 minutos. Foi utilizado um total de 3 baterias para operação da coleta das imagens.

O processamento das imagens foi realizado através do *Agisoft MetaShape*, versão 1.5.1. O mapa de danos contendo as imagens tri-dimensionais e/ou ortomosaicos individuais foi produzido a partir do *AutoCAD 2017*.

A metodologia utilizada para elaboração da pesquisa é composta por quatro etapas: Etapa 1- Preparação do voo; Etapa 2- Realização do voo e captura de imagens; Etapa 3- Processamento das imagens; Etapa 4- Construção do mapa de danos.

A etapa de número 1 refere-se ao planejamento no voo para registro das imagens. Conforme a Instrução do Comando da Aeronáutica ICA- 100-40 (BRASIL, 2018), que rege aeronaves não tripuladas e o acesso ao espaço aéreo brasileiro, a tipologia de voo realizada para esta pesquisa não necessita de autorização de voo, pois obedece ao princípio da sombra, ou seja, a porção do espaço aéreo que em torno da edificação está limitado verticalmente a 5 m acima da altura do obstáculo e afastado horizontalmente até 30 m.

A etapa número 2 consistiu do voo para obtenção das imagens. Foi realizado em um único dia no turno da tarde, entre 14h e 16h. As condições atmosféricas foram de sol, com poucas nuvens e sem ventos fortes. A sequência da coleta das imagens seguiu a seguinte ordem: fachada frontal, fachada lateral esquerda, fachada posterior, fachada lateral direita e cobertura. Por causa de limitações dos aplicativos de voo e por questões de segurança da aeronave, as imagens foram capturadas utilizando dois métodos distintos.

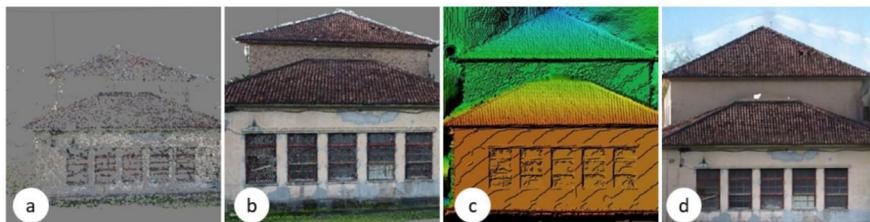
Para a cobertura (plano horizontal) foi utilizando o aplicativo *Pix4d capture*, que permite a execução de um voo regular totalmente automatizado. Neste aplicativo o operador configura uma altitude de voo e as sobreposições laterais e frontais desejadas para as imagens. O VANT, então, realiza todo procedimento de voo e disparo das fotografias sem interferência do piloto. Para esse estudo o voo foi configurado para 30 m de altura e sobreposições laterais e frontais de 80%.

A tecnologia de automação de voos para VANT ainda carece de aplicativos que sejam capazes de realizar missões totalmente auto-

matizadas em planos verticais. Por esse motivo, as imagens das fachadas foram capturadas manualmente por intermédio do aplicativo nativo do equipamento DJI GO 4. Com o objetivo de obter maior uniformidade do levantamento, o VANT foi posicionado a uma dada distância da fachada e, então, pilotado somente em movimentos laterais, de forma a não alterar a sua distância da edificação. Este procedimento foi realizado em linhas horizontais espaçadas verticalmente em 1 m. Os disparos para captura das imagens foram realizados manualmente, estimando intervalos que pudessem registrar para cada área fotografada pelo menos 3 imagens. O voo manual também se torna importante para situações com presença de obstáculos nas proximidades da edificação, como foi o caso do objeto de estudo, visto que eles poderiam não ser identificados lateralmente pelo VANT, comprometendo, assim, a segurança da operação.

Na etapa 3 as imagens coletadas em campo foram transferidas para o *Agisoft MetaShape* para geração das ortoimagens. Como apresentado na Figura 1, o procedimento seguiu a sequência de padrões básicos definidos pelo *software (default)*, envolvendo a construção da nuvem de pontos esparsas (a); a nuvem de pontos densas (b); o modelo digital de elevação (c); e a construção dos ortomosaicos propriamente ditos (d). A partir dos ortomosaicos finais de cada fachada e cobertura, analisou-se a qualidade da imagem obtida em relação à representatividade da realidade dos detalhes arquitetônicos e danos, identificando possíveis distorções.

Figura 1 – Etapas na geração das ortoimagens: a) Nuvem de pontos esparsas; b) Nuvem de pontos densa; c) Modelo digital de elevação; d) Ortomosaico.



Fonte: Acervo dos autores (2019).

A etapa 4 consistiu em transferir a ortoimagem obtida para o sistema *CAD* e então, identificar, classificar e graficar os danos existentes. Para o desenvolvimento do mapa de danos foram criados símbolos e legendas a partir dos modelos disponíveis no *software* adotado, sendo diferentes do proposto por Tirello e Correa (2012). A quantificação aproximada das áreas danificadas foi realizada a partir de uma adaptação do método proposto por Silva (2014), reduzindo a abertura de malha para 0,1 X 0,1m, com o objetivo de tornar mais fidedigna a quantificação dos danos na edificação de estudo.

Resultados e discussão

As Figuras 2, 3, 4, 5 e 6 apresentam os resultados obtidos para os ortomosaicos das fachadas frontal, posterior, lateral direita, lateral esquerda e cobertura, respectivamente. Mediante a visualização destes produtos, é possível perceber que existe uma representatividade muito realista em relação aos detalhes arquitetônicos, dimensão dos elementos e localização de falhas e anomalias. Mesmo sem a existência do projeto arquitetônico é possível utilizar dessas imagens para entender a estrutura, seus elementos construtivos e identificar uma série de danos que se mostram visualmente aparentes.

Figura 2 – Fachada frontal.



Fonte: Acervo dos autores (2019).

Figura 3 – Fachada posterior.



Fonte: Acervo dos autores (2019).

Figura 4 – Fachada lateral direita.

Fonte: Acervo dos autores (2019).

Figura 5 – Fachada lateral esquerda.

Fonte: Acervo dos autores (2019).

Figura 6 – Cobertura.

Fonte: Acervo dos autores (2019).

A Tabela 1 apresenta as falhas e anomalias identificadas através das ortoimagens, a área abrangida por cada um dos danos e a representação gráfica escolhida para indicá-los no mapa de danos. Os danos com maior percentual de abrangência nas fachadas foram as manchas causadas por umidade ascensional (6,78%) e manchas por efeito da proliferação de matéria orgânica (6,17%). O manchamento no pé de parede acaba sendo muito comum quando a umidade do solo migra para as paredes de vedação através da sua base. Isso pode ocorrer por uma falta ou ineficiência do sistema de impermeabilização, ou ainda, por causa das águas das chuvas que, ao descenderem diretamente do telhado, sem canalização para as águas pluviais, acabam batendo e acumulando no piso lateral, criando uma condição favorável para a permanência da umidade nessa região. Também fo-

ram identificados alguns rastros de cupins nas fachadas, mas por já terem sido tratados anteriormente, não foram quantificados.

Foi possível perceber a existência de áreas recuperadas com argamassa cimentícia (5%). Essas áreas foram consideradas anormais visto que estão interferindo na estética da edificação. A partir da coloração cinza observada, constatou-se o uso de uma argamassa, possivelmente, bastante rica em cimento, condição essa que pode gerar desagregações futuras em razão da incompatibilidade física ou química entre materiais (COSTA, 2014). A presença de manchas esbranquiçadas características de eflorescências reforça essa suspeita.

Na cobertura é possível perceber que o escurecimento das telhas cerâmicas, causado pela sujeidade e proliferação de matéria orgânica, se apresenta de forma generalizada, condição bem comum para a cerâmica vermelha rústica ao longo do tempo. Também é possível perceber que quase 10% da área da cobertura possui problemas de estanqueidade devido à quebra ou deslocamento das telhas, causando, possivelmente, processos de deterioração na parte interna da edificação, mas que neste trabalho não foram abordados.

Tabela 1 – Quantitativo dos danos e suas respectivas representações gráficas.

FACHADAS		
Danos/Anomalias	Abrangência do dano	Representação gráfica
Manchas por motivo de umidade ascensional	6,78%	
Manchas devido à proliferação de material orgânico (Mofo/ Bolor)	6,17%	
Áreas recuperadas com argamassa cimentícia	5%	
Esquadrias danificadas (quebra e deslocamento)	1,19%	
Sujidades	1,13%	
Fissuras	0,26%	
Desplacamento do revestimento de argamassa	0,19%	
Eflorescência no substrato recuperado com argamassa cimentícia	0,16%	
Manchas de vandalismo	0,09%	

continua

continuação

FACHADAS		
Deslocamento do concreto/exposição de armadura oxidada	0,04%	
Vegetação	0,02%	
COBERTURA		
Danos/Anomalias	Abrangência do dano	Representação gráfica
Telhas quebradas ou deslocadas	9,68%	
Sujidade/ matéria orgânica	100%	

Fonte: Autores (2020).

As Figuras 7 e 8 mostram exemplos dos danos observados através das ortoimagens, tal como Eflorescência (a); Presença de vegetação (b); Deslocamento do concreto/exposição da armadura oxidada (c); Manchas de vandalismo (d); Manchas em decorrência da proliferação de material orgânico e fissura (e) e; Presença de telhas danificadas e sujidades (f).

Figura 7 – Danos visualizados nas ortoimagens.



Fonte: Acervo dos autores (2019).

Figura 8 – Danos visualizados nas ortoimagens.



Fonte: Acervo dos autores (2019).

O mapa de danos da fachada lateral direita é apresentado na Figura 9. As hachuras utilizadas estão apresentadas na Tabela 1. Im-

portante ressaltar que nessa imagem não estão representados os danos da cobertura. A representação gráfica da malha sugerida por Silva (2014) não foi mantida no produto final, pois deixou a imagem poluída visualmente, impedindo a visualização clara dos sintomas. O mapa de danos completo da edificação não é apresentado neste trabalho, porém foi possível construí-lo tridimensionalmente a partir das diferentes ortomosaicos produzidas para as fachadas e cobertura.

Figura 9 – Mapa de danos da fachada lateral direita.



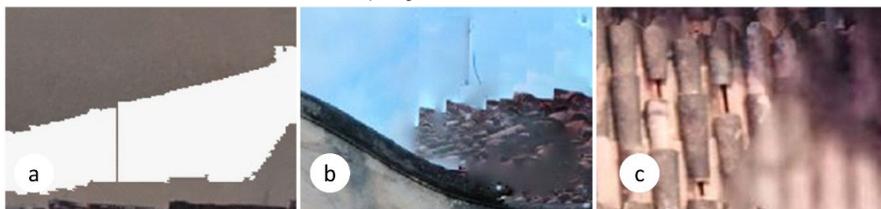
Fonte: Acervo dos autores (2020).

Apesar dos ortomosaicos apresentarem uma boa resolução para representação da edificação e dos danos existentes, foi possível perceber nas imagens pontos de falhas, distorções e regiões turvas, conforme apresentado na Figura 10. Esses problemas decorrem da dificuldade do programa em encontrar os pontos homólogos entre as distintas fotografias registradas, seja por uma possível falta de sobreposição adequada, ou então, devido à presença de texturas muito homogêneas nas vistas.

A correlação entre pontos homólogos é bastante eficaz na análise de texturas heterogêneas, entretanto Groetelaars e Amorim (2012) ressaltam que cuidados são necessários quando a textura do objeto analisado for uniforme. Nessas situações o *software* poderá ter problemas em encontrar um padrão, gerando imagens com muito ruído, áreas de sombras (sem informações) ou pouco precisas. Nes-

ta pesquisa foram encontrados problemas ao trabalhar com a ortomagem da cobertura devido, justamente, à sua grande homogeneidade. Entretanto, salienta-se que refinamentos podem ser feitos no processamento das imagens para compensar estes problemas (AGISOFT, 2020), assunto que será tema de outra publicação.

Figura 10 – Problemas observados em algumas ortoimagens: a) falha; b) distorções; c) regiões turvas.



Fonte: Acervo dos autores (2019).

Além disso, foi possível constatar que o horário no qual o voo foi realizado pode não ter sido o mais adequado para garantir iluminação uniforme. Na fachada posterior (Figura 3), por exemplo, a luz solar incidiu diretamente na lente da câmera provocando reflexões, resultando em fotografias mais escuras, quando comparadas com as demais vistas. Conforme Melo Júnior (2016), a definição do horário é um aspecto relevante em relação às condições de iluminação no registro das fotografias e ressalta que o melhor horário para se fotografar é com o “sol a pino”, pois nessas condições há incidência direta da luz do sol sobre a fachada, o que colabora na melhor visualização das anomalias.

Conclusão

Diante dos resultados apresentados, conclui-se que as ortoimagens produzidas a partir da técnica da fotogrametria arquitetural com o uso do VANT, denominada nesse trabalho como aerofotogrametria arquitetural, apresentaram definição satisfatória para representar a arquitetura da edificação de estudo e grande parte dos danos existentes nas fachadas e cobertura.

As ortoimagens deram a base gráfica necessária para a construção do mapa de danos proposto no trabalho. Todavia, foi possível perceber que foram identificados alguns pontos de falhas, ruídos e distorções nas ortoimagens, fato que demonstra a necessidade de ampliar as análises para entender se esses problemas poderiam ser compensados através do processamento pelo *software* utilizado.

O método adaptado de Silva (2014) também se mostrou adequado para quantificar e delimitar a área de abrangência de vários tipos de danos no mapa. Entretanto, quanto menor a área da malha escolhida, mais lento será o processamento. Por fim, estudos mais aprofundados são requeridos para identificar danos de dimensões muito reduzidas, como, por exemplo, as microfissuras.

Referências

AGISOFT Metashape User Manual: Professional Edition, version 1.6, 2020. Disponível em: https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_1_6_en.pdf. Acesso em: 14 jul. 2019.

AGOSTINHO, S. L. **Inspeção e Monitorização de Estruturas em Engenharia Civil: Utilização de UAV na Inspeção e Monitorização**. Tese de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade da Madeira. Portugal, 2012.

BARTHEL, C.; LINS, M.; PESTANA, F. O Papel do Mapa de Danos na Conservação do Patrimônio Arquitetônico. *In*: Congresso Ibero-americano y VIII Jornada **Técnicas de Restauración y Conservación del Patrimonio**. La Plata, 2019.

BRASIL. **ICA 100-40. Aeronaves Não Tripuladas e o Acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro**. Instrução do Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Ministério da Defesa. Brasília, 2018.

COELHO, L.; BRITO, J. N. **Fotogrametria Digital**. Rio de Janeiro: Ed. UERJ, 2007.

COSTA, L. G.; AMORIM, A. L. **Geração de Ortofotos para Produção de Mapas de Danos**. *In*: SIGRADI 2009 - Congresso da Sociedade Ibero-a-

mericana de Gráfica Digital. Anais. São Paulo: Sociedade Ibero-americana de Gráfica Digital, v. 1, p. 62-64, 2009.

COSTA, M. S. **Identificação e Danos em Fachadas de Edificação por Meio de Imagens Panorâmicas Geradas por Plataforma Robótica Fotográfica**. Tese de mestrado. Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Brasília, 2014.

GROETELAARS, N. J.; AMORIM, A. L. **Dense Stereo Matching (DSM):** Conceitos, Processos e Ferramentas para Criação de Nuvens de Pontos por Fotografias. *In: Congresso da Sociedade Ibero-americana de Gráfica Digital*. Fortaleza, 2012.

MELO JÚNIOR, C. M.; EVANGELISTA JÚNIOR, F.; SILVA, L. S.; NEPOMUCENO, A. A.; **Geração de Mapas de Danos de Fachadas de Edifícios por Processamento Digital de Imagens Capturadas por VANT e Uso de Fotogrametria Digital**. *Ambiente Construído*, v. 18, 2019.

MELO JÚNIOR, C. M. **Metodologia Para Geração de Mapas de Danos de Fachadas a Partir de Fotografias Obtidas por Veículo Aéreo não Tripulado e Processamento Digital de Imagens**. Tese Doutorado em Educação. Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Brasília, 2016.

MORGENTHAL, G.; HALLERMANN, N. **Advances in Structural Engineering- Quality Assessment of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Based Visual Inspection of Structures**. Reprinted from *Advances in Structural Engineering*, v. 17, n. 3, 2014.

RAUBER, E. R.; BORDIN, M. M. A.; VERONEZ, M. R.; SILVEIRA JR, L. G.; FRAMARIM, C. Análise Bibliográfica sobre as Potencialidades da Aquisição de Imagens Multi e Hiperespectrais por VANTs no Auxílio à Inspeção de Obras de Artes Especiais. **Revista Brasileira de Geomática - RBGEO**, v. 6, n. 1, p. 44-61, 2018.

SILVA, D. C. **Evolução da Fotogrametria no Brasil**. *Revista Brasileira Geomática - RBGEO*, v. 3, n. 2, p. 81-96, 2015.

SILVA, N. B. **Avaliação Quantitativa da Degradação e Vida útil de Revestimentos de Fachada** - Aplicação ao caso de Brasília/DF. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Brasília. Brasília, 2014.

TINOCO, J. E. L. **Mapa de Danos – Recomendações Básicas**. Textos para Discussão. Gestão de Restauro, v. 43, s. 2, 2009.

TIRELLO, R. A.; CORREA, R. **Sistema Normativo para Mapas de Danos de Edifícios Históricos Aplicados à Lidgerwood Manufacturing Company de Campinas**. In: Colóquio Latino Americano Sobre Recuperação e Preservação do Patrimônio Industrial. VI 2012. Centro Universitário belas Artes de São Paulo. São Paulo, 2012.

TUTIKIAN, B.; PACHECO, M. **Boletim Técnico: Inspeção, Diagnóstico e Prognóstico na Construção Civil**. Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción - ALCONPAT Internacional. México, 2013.

VALENÇA, J. M. A. **Aplicações de Fotogrametria à Engenharia de Estruturas**. Tese de mestrado. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. Departamento de Engenharia Civil. Portugal, 2006.

Uma análise do plano de mobilidade

Alan Jones Brito dos Santos

Sérgio Santos de Jesus

Silvia Camargo Fernandes Miranda

Introdução

Diariamente, milhões de pessoas se locomovem para realizar diversas atividades, porém, com o espraiamento do uso do solo e o crescimento populacional, essa locomoção tem se tornado exaustiva e demorada. Com isso, aumenta-se a necessidade de reorganização do espaço urbano planejando de maneira técnica e eficiente, incluindo a interação entre os diversos modos de transporte, evitando assim prejuízos financeiros, ambientais e a diminuição da qualidade de vida da população.

Nesse contexto, o conceito de mobilidade urbana ganha destaque ao se discutir a necessidade de mudar a forma como é pensada a relação da cidade e seus usuários. Segundo Pontes (2010), é errado associar a mobilidade exclusivamente à circulação de veículos, pois a mesma se refere à facilidade do deslocamento de pessoas e bens no espaço urbano. Com isso, o poder público observou a necessidade de regulamentar o modo de se planejar a mobilidade urbana nos municípios brasileiros, implementando a Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU) - Lei N° 12.587 (BRASIL, 2012), determinando que as cidades com mais de 20 mil habitantes elaborem seus Planos de Mobilidade Urbana.

A PNMU tem o intuito de integrar diversos setores da administração pública e com isso formular medidas que sejam efetivas na vida dos cidadãos. A lei da mobilidade urbana enfatiza a necessidade do Plano Diretor Municipal (PDM) atender aos objetivos dessa lei, garantindo que seja viável a aplicação das medidas e investimentos em mobilidade previstos no Plano de Mobilidade do município, visto que o PDM é uma ferramenta de planejamento de longo prazo, regulando o crescimento imobiliário e comercial da cidade.

A cidade de Feira de Santana, na Bahia, é servida por três grandes rodovias nacionais, a BR 101, BR 116 e a BR 324, sendo esta última responsável por ligar a cidade à Salvador, capital do estado distante cerca de 100 km. Isto a torna um importante entroncamento rodoviário e um grande centro regional comercial, industrial e de prestação de serviços. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019), em sua divulgação a partir de cálculos de previsão a população estimada do município em 2019 era de 614.872 mil habitantes, sendo assim a segunda maior cidade da Bahia, atrás apenas da capital.

No censo de 2010, Feira de Santana tinha 556.642 habitantes e 89% da população vivendo na zona urbana (IBGE, 2019). Este crescimento populacional do município trouxe consigo diversos fatores que interferem diretamente na qualidade de vida dos habitantes, entre eles, o aumento do uso do solo em áreas periféricas e a dificuldade de se locomover com eficiência e segurança.

Visando enquadrar-se nas Diretrizes Nacionais de Mobilidade Urbana, Feira de Santana elaborou seu primeiro Plano de Mobilidade em 2018, possibilitando uma análise fundamentada em pesquisas e estudos técnicos voltados diretamente para a problemática da locomoção urbana. Esse trabalho tem como objetivo verificar se o Plano de Mobilidade de Feira de Santana - Lei Complementar N° 112 (Feira de Santana, 2018), está de acordo com as diretrizes propostas na Política Nacional de Mobilidade Urbana - Lei N° 12.587 (**Brasil**, 2012).

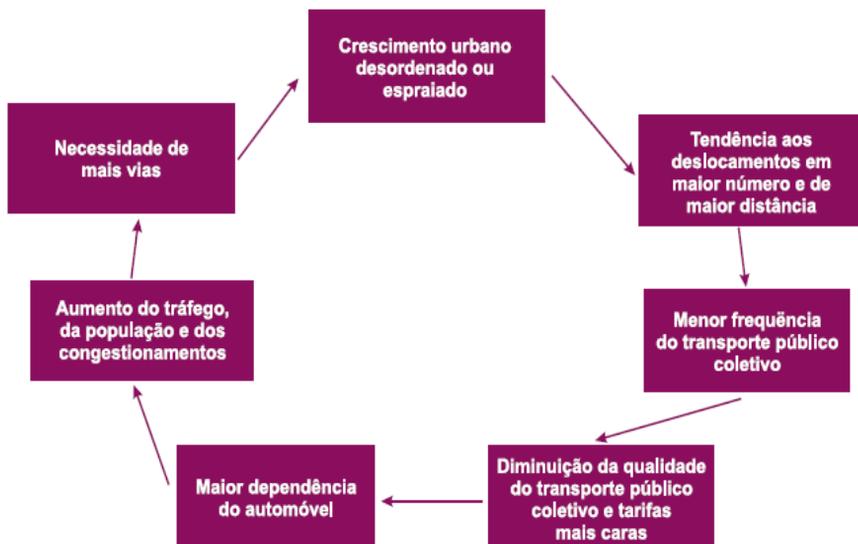
Mobilidade urbana no Brasil

Uma maior preocupação com a reforma urbana no Brasil desencadeou uma discussão mais ampla por parte do governo sobre a mobilidade urbana. Desta forma foi instituído em 2003 o Ministério das Cidades que iniciou a elaboração de políticas públicas, através da Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana (SeMob). Assim, conforme afirmam Rubim e Leitão (2013), a mobilidade urbana começou a ser discutida no Brasil com mais ênfase, de maneira que pode se constatar o crescente problema de transporte nos grandes centros urbanos.

Segundo o IBGE (2010), cerca de 85% da população mora em cidades. Esse grande volume populacional, aliado ao transporte público ineficiente e a maior facilidade de compra, aumentou o número de veículos particulares e conseqüentemente a necessidade de ampliar a capacidade viária com obras de ampliação ou construção de novas vias. No entanto, pensar apenas no aumento da infraestrutura para absorver a demanda acaba gerando um ciclo com investimentos cada vez maiores e com resultados insuficientes como mostra a Figura 1.

Segundo Silva Filho e Raia Jr. (2013), o termo mobilidade urbana vai muito além de deslocamentos, pois interliga o espaço geográfico, político, social, histórico e, acima de tudo, da individualidade de cada cidadão. Como os investimentos focados apenas em infraestrutura viária não supririam todos os problemas de locomoção, iniciou-se uma abordagem mais moderna, com os conceitos de mobilidade universal e sustentável, visando tornar o transporte interligado e acessível a todos públicos, servindo de base para a formulação da Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU) Lei N° 12.587 (Brasil, 2012).

Figura 1 - Ciclo representativo dos investimentos em infraestrutura sem planejamento.



Fonte: Ministério das Cidades (2005).

Política nacional de mobilidade urbana

A Lei Nacional da Mobilidade demonstra o entendimento de que os investimentos em transportes devem almejar a integração entre os modos de transporte, tendo em vista o estudo do padrão de deslocamento das pessoas e veículos por região e a interação com o desenho urbano.

O Ministério das Cidades (2013) afirma que as diretrizes e princípios da PNMU, enfatizam a melhor relação dos habitantes com as cidades e seus modos de locomoção, objetivando o desenvolvimento da cidade e o melhor aproveitamento do uso do solo. Os princípios são divididos em: acessibilidade, segurança, eficiência, qualidade de vida, dinamismo econômico, inclusão social, meio ambiente e o uso democrático dos espaços públicos.

Devido ao aumento populacional, ocorre uma tendência de distanciamento dos bairros com o centro comercial, sendo assim, o princípio da equidade no acesso dos cidadãos ao transporte público, deve ser abordado de forma social e não apenas através da visão econômica. Pero e Stefanelli (2015) destacam que esse fenômeno possui múltiplas causas: crescimento da população, aumento das taxas de motorização, investimentos em sistemas de transporte de massa, mudanças no uso do solo e a expansão urbana, carecendo, portanto, de uma abordagem multidisciplinar.

A PNMU contém sete diretrizes que almejam a integração entre as políticas habitacionais, modos e serviços de transportes, além do incentivo ao desenvolvimento tecnológico, uso de energias renováveis e mitigação dos custos ambientais. Deste modo, as leis que regulam o uso do solo do município e o PDM (Plano de Desenvolvimento Municipal), devem estar alinhadas com o conjunto de medidas que a PNMU propõe, objetivando instituir o direito de “ir e vir” com qualidade e de forma igualitária, independente da classe social ou localidade que se reside e/ou condição de vulnerabilidade.

Expansão urbana de feira de santana e o problema de mobilidade do Município

Segundo Oliveira e Trinchão (1998), entre as décadas de 1960 e 1990, o município saltou de 141.757 para 405.808 habitantes. Porém, o primeiro Plano Diretor foi implantado apenas em 1968 e revisado somente em 1990, trazendo um longo período sem o planejamento necessário do uso do solo do município. Com isso, ocorreu o crescimento populacional sem fiscalização das entidades públicas, associado com o crescimento do número de automóveis e o transporte coletivo ineficiente, trazendo o problema da mobilidade para Feira de Santana, pois os congestionamentos nos horários de grande volume é uma realidade para os habitantes da cidade.

Conforme Andrade e Reis (2017), em Feira de Santana não existia uma proposta de desenho urbano para orientar o processo do traçado da cidade. Assim, pode-se considerar que este desenho acontecia de forma inconsciente pautada em registros culturais locais, pois não havia projeto urbano a ser seguido no processo de expansão. Esse fato contribuiu para um formato tradicional do município, que segundo Mehta (2009), diverge dos aspectos apontados como essenciais para a vida na cidade, como exemplo, o traçado viário bem conectado, elementos visuais que permitam a legibilidade local, valorização do pedestre, entre outros fatores, que ajudam a garantir a dinâmica necessária para a integração da sociedade no espaço público.

Construção do PlanMob de Feira de Santana

Em 2016 ocorreu a licitação para prestação de serviços de consultoria para a elaboração do PlanMob de Feira de Santana, tendo como ano-base 2017. Entretanto, o Projeto de Mobilidade Urbana Sustentável de Feira de Santana, acabou sendo fruto de uma parceria público-privada, doado à Prefeitura Municipal pela Pirelli Pneus, indústria de grande porte que atua há décadas no município.

A instituição contratada para elaboração do projeto foi a WBCSD (World Business Council for Sustainable Development – Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável), que é uma associação mundial de cerca de 200 empresas, tratando exclusivamente de negócios e desenvolvimento sustentável, da qual a Pirelli é integrante.

Visando implementar um PlanMob abrangente, que proporcione acessibilidade e direito ao uso a todos os usuários, independentemente da localização da sua residência ou trabalho, foi utilizado na formulação do trabalho o sistema Simplify, da WBCSD. Essa metodologia, segundo o Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável, trabalha de forma conjunta com a Prefeitura do município para o desenvolvimento de um planejamento de mobilidade urbana sustentável inclusiva, fornecendo iniciativas que complementam e integram a recente atualização feita em 2018 do Plano Diretor de Desenvolvimento Municipal, do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e do Plano Diretor de Saneamento.

Além disso, foram realizadas audiências públicas para estabelecer os processos de participação da população no PlanMob, incluindo sessões públicas, reuniões regionais ou específicas com grupos definidos, abrangendo determinadas categorias da população, como idosos, deficientes e estudantes. Essa contribuição está de acordo com os objetivos da PNMU, visando a gestão democrática, permitindo uma maior abrangência na determinação dos problemas e sugestões de melhoria.

Estratégia de pesquisa

A pesquisa utilizou a revisão da literatura do tipo sistemática, apoiada com a análise de documentos de caráter público, como o Plano de Mobilidade de Feira de Santana, Leis Municipais e Federais sobre o tema. A revisão bibliográfica sistemática, segundo Castro (2009), é uma revisão planejada para responder a uma pergunta específica e que utiliza métodos explícitos e sistemáticos para identificar, selecio-

nar e avaliar criticamente os estudos, e para coletar e analisar os dados destes estudos incluídos na revisão.

Para determinação do embasamento teórico deste trabalho foi feita uma busca de diversos artigos científicos, nacionais e internacionais, acerca do tema da mobilidade urbana e a construção dos Planos de Mobilidade em nas plataformas da CAPES e no Google.

Utilizando o portal de leis municipais de Feira de Santana, foi feita a busca pelo projeto de lei que instituiu o Plano de Mobilidade do município e através do Anexo I da referida lei, foi possível observar os objetivos do plano e realizar a comparação com as diretrizes previstas pela PNMU.

A análise da compatibilidade entre as propostas do PlanMob de Feira de Santana e as diretrizes nacionais foi feita relacionando cada diretriz individualmente, com os diversos objetivos presentes na Lei Complementar N° 112 (Feira de Santana, 2018). Por fim, foram apresentadas as metas para execução dos projetos e o tempo previsto, dividindo-as em curto, médio e longo prazo.

Resultados e Discussões

O Plano de Mobilidade de Feira de Santana iniciou sua proposta de abordagem analisando dados setoriais, avaliando de forma mais precisa o cenário geral do problema. Ao elaborar a lei que rege o PlanMob, foram escolhidos temas que deveriam ser contemplados para iniciar as pesquisas e conseguir tal compatibilização. Esses temas se dividiram em trânsito urbano, infraestrutura viária, transporte público, transporte motorizado privado, estacionamento e transporte não motorizado.

Análise da compatibilização do PlanMob com as diretrizes nacionais

A Tabela 1 apresenta as medidas adotadas no plano de mobilidade de Feira de Santana para cada uma das diretrizes da PNMU e foi elaborada a partir da Lei Complementar 112 de 05 de Abril de 2018 (Plano de Mobilidade de Feira de Santana) e da Lei 12.587 de 3 de Janeiro de 2012 (Política Nacional de Mobilidade urbana).

A primeira diretriz é abordada no projeto de estruturação do Plan-Mob, afirmando que as medidas de mobilidade, estão integradas com as políticas do PDM, em relação a infraestrutura viária e de habitação.

A segunda diretriz é abordada na promoção de medidas que priorizam o conforto dos pedestres e ciclistas, com melhorias na infraestrutura das ciclovias e instalação de novas, além do rebaixamento e reforma das calçadas e construção de novas rampas. É solicitado que sejam criadas medidas para priorizar o sistema público de transporte coletivo sobre o individual, reservando espaço viário para sua circulação exclusiva.

A terceira diretriz é afirmada através do objetivo de ampliação da intermodalidade nos deslocamentos urbanos, que tem o intuito de estimular a integração associando intervenções na infraestrutura viária, garantindo acessibilidade universal em todos modais e investimentos em divulgação de informações para população, dando maior opção de escolha do transporte a ser utilizado, garantindo a efetividade dessa integração para as necessidades de transporte independente da região do usuário.

Para a quarta diretriz, o intuito é orientar os vetores de crescimento da cidade, associado com o incentivo a melhor distribuição das atividades socioeconômicas. Além disso, a fiscalização do impacto ambiental dos novos empreendimentos imobiliários e das novas obras de infraestrutura viária, principalmente nos maiores polos geradores de tráfego. Associado a essas propostas, o estímulo aos meios de transporte não motorizados aumenta a mitigação dos custos ambientais e melhora a saúde da população, além de ser um transporte viável para as diversas classes sociais.

A quinta diretriz é reforçada com propostas de estímulo da utilização de fontes renováveis e não poluentes, além da implantação de programas de monitoramento da qualidade do ar e dos ruídos e um sistema de GPS interligado a uma plataforma online para direcionar os usuários em relação ao comportamento do fluxo de veículos.

Tabela 1- Compatibilidade do plano de mobilidade de Feira de Santana com as diretrizes da Lei 12.587/2012.

Diretriz da PNMU	Como está sendo abordada pelo PlanMob de Feira de Santana
1) Integração com a política de desenvolvimento urbano e respectivas políticas setoriais de habitação, saneamento básico, planejamento e gestão do uso do solo no âmbito dos entes federativos;	<p>a) Estabelecimento das prioridades de circulação, segundo as diretrizes do Plano Diretor, privilegiando o pedestre e o ciclista sobre os demais modos e a prioridade de circulação do transporte público coletivo;</p> <p>b) Infraestrutura, abrangendo o sistema viário; equipamentos de controle, com a sinalização viária, os padrões de operação do trânsito considerando a circulação viária, o estacionamento; o mobiliário urbano e os polos geradores de tráfego;</p> <p>c) Melhorar a mobilidade urbana, proporcionando deslocamentos intra e interurbanos, que atendam às necessidades da população, vinculados às diretrizes de planejamento contidas no Plano Diretor;</p>
2) Prioridade dos modos de transportes não motorizados sobre os motorizados e dos serviços de transporte público coletivo sobre o transporte individual motorizado;	<p>a) Restrição e controle de acesso e circulação, permanente ou temporário, de veículos motorizados em locais e horários predeterminados;</p> <p>b) Dedicção de espaço exclusivo nas vias públicas para os modos de transporte não motorizados e os serviços de transporte público coletivo;</p> <p>c) A prioridade no transporte público coletivo sobre o transporte individual;</p> <p>d) Implantação do BRT, tornando os corredores viários de Feira de Santana mais restritos para a circulação do tráfego comum (automóveis, motos, caminhões, etc.).</p>
3) Integração entre os modos e serviços de transporte urbano;	<p>a) O Poder Público Municipal deverá implementar rotas destinadas aos cadeirantes, estabelecendo as prioridades, para os deslocamentos no Centro, prevendo-se a sua ampliação gradativa;</p> <p>b) Melhorar a integração do transporte coletivo municipal, melhorando a articulação da rede, aumentando as opções de viagens para os usuários com a integração entre duas ou mais linhas.</p> <p>c) Implantação de infraestrutura compatível com os volumes de tráfego, privilegiando os pedestres e ciclistas, ofertando conforto e segurança aos usuários.</p>

continua

continuação

Diretriz da PNMU	Como está sendo abordada pelo PlanMob de Feira de Santana
4) Mitigação dos custos ambientais, sociais e econômicos dos deslocamentos de pessoas e cargas na cidade;	<p>a) Definição de políticas de preços dos serviços de mobilidade, incluindo políticas tarifárias para o transporte público, utilização de descontos, subsídios e desoneração tarifária e políticas de preços de circulação e estacionamento em vias públicas, como instrumentos de direcionamento da demanda para o transporte público, modos coletivos e não motorizados e tecnologias ambientalmente limpas;</p> <p>b) Dimensionamento e pavimentação das calçadas, segundo a tipologia estabelecida, considerando a acessibilidade universal, dotando-as de mobiliário urbano compatível com o estabelecido para o tipo de via;</p> <p>c) Implantação de ciclovias e ciclofaixas, de acordo com as normas definidas, com a sinalização adequada;</p> <p>d) Controle do uso e operação da infraestrutura viária destinada à circulação e operação do transporte de carga, concedendo prioridades ou restrições;</p>
5) Incentivo ao desenvolvimento científico-tecnológico e ao uso de energias renováveis e menos poluentes;	<p>a) Promover a gestão mais eficiente com controles tecnológicos da operação para as frequências programadas;</p> <p>b) Promover o desenvolvimento sustentável;</p>
6) Priorização de projetos de transporte público coletivo estruturadores do território e indutores do desenvolvimento urbano integrado;	<p>a) Priorização das obras associadas à implantação da rede estruturante do transporte público coletivo;</p> <p>b) Ampliar o uso do transporte motorizado público coletivo na matriz de transporte da cidade, com aumento da velocidade, regularidade e confiabilidade do sistema;</p>
7) Integração entre as cidades gêmeas localizadas na faixa de fronteira com outros países sobre a linha divisória internacional.	Não se enquadra
8) Garantia de sustentabilidade econômica das redes de transporte público coletivo de passageiros, de modo a preservar a continuidade, a universalidade e a modicidade tarifária do serviço.	Inserida a partir da lei nº 13.683, de 19 de Junho de 2018, posterior à lei complementar municipal nº 112 de 05 de Abril de 2018.

Fonte: Autores (2020).

A sexta diretriz é abordada através do objetivo de realizar estudos de projeção da mobilidade, principalmente em relação a oferta e demanda do transporte público, aumentando investimentos de forma assertiva em ônibus coletivos, assim como os transportes alternativos regulamentado pelos órgãos municipais. O plano também cita a integração e implantação com o BRT (*Bus Rapid Transit*) de Feira de Santana, porém, esse é um projeto de lei independente, possuindo cronograma e financiamento iniciados antes do Plano de Mobilidade de Feira de Santana, mesmo que sejam previstos investimentos e auxílio à implantação do BRT nesse plano.

A sétima diretriz não se enquadra para a cidade de Feira de Santana, pois a mesma se refere a cidades em fronteira com outros países. A oitava diretriz não é abordada neste trabalho, pois foi inserida em período posterior à elaboração do Plano de Mobilidade de Feira de Santana.

Metas do plano de ação

O Plano de Mobilidade de Feira de Santana possui metas para iniciar os investimentos e medidas necessárias, auxiliando o modo de locomoção dos habitantes e usuários intermitentes. A previsão inicial de investimentos concentra-se principalmente no transporte coletivo, em relação a melhora da sua oferta, com auxílio de ferramentas para diminuir o uso de veículos individuais motorizados.

Com o objetivo de efetivar o PlanMob, foram estabelecidas metas para orientar as propostas elaboradas e as prioridades, abrangendo os modais, a melhora nas condições das calçadas, a ampliação das ciclovias, o gerenciamento da demanda e tempo de viagem, a implantação e integração dos corredores de BRT com o transporte coletivo já existente no município. As metas para execução do plano de ação se dividem entre curto (até 5 anos), médio (5 a 10 anos) e longo prazo (10 a 20 anos). A Tabela 2 foi elaborada a partir do Anexo I da Lei Complementar 112/2018 e demonstra as considerações para cada período de metas.

Esses prazos têm o intuito de implementar fisicamente as propostas do Plano de Mobilidade de Feira de Santana, considerando investimentos em conjunto entre as esferas Municipal, Estadual e Federal. Com isso, o plano objetiva promover ações para melhoria da mobilidade de curto prazo (até 2021), médio prazo (até 2026) e longo prazo (para além de 2026). Porém, as metas de ação não propõem a união entre essas medidas de forma clara, como interligar ciclovias a zonas de BRT e terminais de transbordo, além de não estabelecer metas para restringir novos polos geradores de tráfego.

Tabela 2 - Metas para execução das medidas abordadas no PlanMob de Feira de Santana.

Longo prazo	Médio prazo	Curto prazo
Transporte utilizado pela população:		
A pé 30%	A pé 30%	A pé 30%
Bicicleta 10%	Bicicleta 8%	Bicicleta 6%
Coletivo 40%	Coletivo 35%	Coletivo 32%
Individual motorizado 20%	Individual motorizado 27%	Individual motorizado 32%
Metas para melhoria das calçadas e implantação de ciclovias		
Fazer com que 100% das calçadas sejam propícias para caminhar dentro da área urbana interior ao anel de contorno;	Fazer com que 100% das calçadas sejam propícias para caminhar dentro do centro expandido;	Fazer com que 50% das calçadas das áreas do centro expandido sejam propícias para caminhar, livres de obstáculos e que 100% das calçadas estejam livres de carros estacionados;
Implantar uma rede de 200 km de calçadas contínuas;	Implantar uma rede de 100 km de calçadas contínuas;	Implantar uma rede de 25 km de calçadas contínuas;
Implantar uma rede de 100 km de ciclovias;	Implantar uma rede de 50 km de ciclovias;	Implantar uma rede de 25 km de ciclovias;
Metas para efetivação da rede de transporte coletivo e redução do tempo de viagem		
Não consta	Implantar e operar uma rede de 30 km de transporte de média capacidade com faixas exclusivas para ônibus;	Implantar e operar uma rede de 15 km de transporte de média capacidade com faixas exclusivas para ônibus;
Reduzir o tempo médio de viagem em 30% para o transporte coletivo;	Reduzir o tempo médio de viagem em 20% para o transporte coletivo;	Reduzir o tempo médio de viagem em 10% para o transporte coletivo;
Metas para gerenciamento da demanda		

Não consta	Introduzir no prazo de 10 anos cobrança de externalidades causadas pelos automóveis pelo uso do espaço viário urbano (pedágio urbano) ou uso de medidas restritivas ao uso de automóvel e motocicletas (rodízio de veículos);	Redução da oferta de estacionamento em vias públicas; eliminar no prazo de 5 anos 50% das vagas de estacionamento de automóveis e motocicletas na área central expandida, para dar fluidez no trânsito; e medidas de incentivo fiscal à instalação de estacionamentos privados;
Metas para implantação dos corredores do BRT – Bus Rapid Transit		
Longo prazo	Médio prazo (5 anos)	Curto prazo (18 meses)
Não consta	Implantação do corredor BRT – Bairro Tomba;	Implantação dos corredores BRT – Av. Getúlio Vargas e Av. João Durval; Implantação do corredor do SIT (sistema integrado de transporte), Pampalona;

Fonte: Autores (2020).

Conclusão

A avaliação e as propostas do PlanMob de Feira de Santana identificam e detalham medidas, metas e prioridades para efetivar as melhorias na mobilidade do município. As abordagens são bastante exequíveis, além de organizadas por temas específicos do município, associados com análises que condizem com o porte territorial, dividindo as regiões da cidade e destacando o uso do solo, atividades econômicas e polos geradores de tráfego.

O projeto do plano teve uma avaliação técnica para formular o presente cenário da mobilidade do município e as futuras necessidades, com o intuito de formular estratégias eficientes e que estejam amparadas na Lei da Mobilidade. A formulação das propostas e medidas para estruturação do Plano de Mobilidade de Feira de Santana atendem o conjunto de diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana, tornando o plano do município um instrumento de apoio e direcionamento das medidas necessárias para implementação de mudanças estruturais, sociais e econômicas, em especial nas avenidas principais, onde ocorre a maior circulação de veículos e pessoas.

Ao observar o tamanho do município e as diversas regiões que têm seus próprios centros econômicos com alta densidade populacional, grande movimentação de veículos particulares e comerciais, o plano não aborda de forma específica para cada região as medidas e metas de melhoria. Além disso, não é citado explicitamente objetivos para implementar medidas sustentáveis e estruturalmente eficientes para os novos vetores de crescimento, impulsionados principalmente pela indústria imobiliária.

O plano de ação estabelece metas que objetivam o gerenciamento do PlanMob, alavancando a implementação das medidas planejadas e orientando o monitoramento das ações que serão executadas. Porém, medidas de estudo dos impactos relacionados a implantação de novas infraestruturas, mudanças nos hábitos de locomoção dos habitantes e fatores socioeconômicos não são abordados, não permitindo a análise futura dos resultados causados pelas intervenções propostas.

Dessa forma, esse capítulo pode servir como base para futuras pesquisas de verificação do plano de ação proposto no projeto, observando a viabilidade e execução das metas, além da análise dos prazos, estabelecendo indicadores para mensurar o impacto dessas medidas no meio ambiente, na economia regional, na acessibilidade universal e democratização do espaço, contemplando também a qualidade de vida da população.

Referências

ANDRADE, M.S.; REIS, L. O estudo das avenidas como método de análise sobre o desenho urbano da cidade. *In: RUA* [online]. n. 23. Volume 2, p. 389 - 167 - e-ISSN 2179-9911 - Junho/2017.

BRASIL. Lei 12.587/2012. Promulgada em 3 de janeiro de 2012. Institui as diretrizes da política nacional de mobilidade urbana. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 04 jan. 2012.

CASTRO, A. A. Revisão Sistemática e Meta-análise. In: GOLDENBERG, S.; GUIMARÃES, C. ALBERTO; (Ed.) **Elaboração e Apresentação de Comunicação Científica**. São Paulo, Brasil, 2009. p. 1-11. Disponível em: <<http://metodologia.org/wp-content/uploads/2010/08/meta1.PDF>>. Acesso em: 15 nov. 2019.

FEIRA DE SANTANA. Lei Complementar N° 86/2014. **Altera, modifica, amplia e dá nova redação à lei n° 1615/92, que institui a lei do ordenamento do uso e da ocupação do solo na área urbana do município de Feira de Santana e revoga a lei complementar n° 46, de 19 de agosto de 2010, que dispõe sobre o sistema viário das áreas de expansão urbana da cidade de Feira de Santana**. Disponível em <https://leismunicipais.com.br/a/ba/f/feira-de-santana/lei-complementar/2014/8/86/lei-complementar-n-86-2014-altera-modifica-amplia-e-da-nova-redacao-a-lei-n-1615-92-que-institui-a-lei-do-ordenamento-do-uso-e-da-ocupacao-do-solo-na-area-urbana-do-municipio-de-feira-de-santana-e-revoga-a-lei-complementar-n-46-de-19-de-agosto-de-2010-que-dispoe-sobre-o-sistema-viario-das-areas-de-expansao-urbana-da-cidade-de-feira-de-santana>. Acesso em 10 out. 2019.

-----Lei Complementar N° 112/2018. **Institui o Plano de Mobilidade de Feira de Santana, estabelecendo os princípios e diretrizes para a integração entre os modos de transporte e para a melhoria da acessibilidade e mobilidade das pessoas e cargas no Município e dá outras providências**. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/ba/f/feira-de-santana/lei-complementar/2018/12/112/lei-organica-feira-de-santana-ba>. Acesso em 10 out 2019.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 15 out. 2019.

MEHTA, V.; **Look closely and you will see, listen carefully and you will hear: urban design and social interaction on streets**. *Journal of Urban Design*, 29-64, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/13574800802452658>. Acesso em: 15 out 2019.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Política Nacional de Mobilidade Urbana**. Brasília, Brasil, 2013.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Mobilidade e Política Urbana**: Subsídios para uma Gestão Integrada. Rio de Janeiro, Brasil, 2005.

OLIVEIRA, L. R.; TRINCHÃO, G. M. C. **A história contada a partir do desenho**. Em: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ENGENHARIA GRÁFICA NAS ARTES E NO DESENHO, Feira de Santana – UEFS, 1998.

PERO, V.; STEFANELLI, V. **A questão da mobilidade urbana nas metrópoles brasileiras**. Rev. econ. contemp. [online]. 2015, vol.19, n.3, pp.366-402. ISSN 1980-5527. <https://doi.org/10.1590/198055271932>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-98482015000300366&script=sci_abstract&lng=pt. Acesso em: 15 out 2019.

PONTES, T. F. **Avaliação da mobilidade urbana na área metropolitana de Brasília**. 2010. 275 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

RUBIM, B.; LEITÃO, S. **O plano de mobilidade urbana e o futuro das cidades**. I Greenpeace Brasil, São Paulo/SP, 2013.

SILVA FILHO, N. G. da; RAIA JÚNIOR, A. A. **A Mobilidade Urbana e seu Caráter Socio Geográfico**: Desmitificando Consensos – O Caso Brasileiro. In: XIII SAFETY, HEALTH AND ENVIRONMENT WORLD CONGRESS, 13, 2013.

WBCSD. **simplify Feira de Santana, Brazil**. Disponível em: <<https://www.wbcd.org/Programs/Cities-and-Mobility/Transforming-Mobility/SiMPLify/Resources/Feira-Santana-report> >. Acesso em: 16 out 2019.

Protótipo: impressora 3D para construção civil

*Danilo Gomes Vitória
Ivanoé João Rodowanski
Renê Medeiros de Souza*

Introdução

A impressão tridimensional apesar de grande exposição nos últimos anos, surgiu por volta de 1970 a partir da união dos campos de estudos da topografia e da foto-escultura, já sua primeira utilização comercial voltada para a construção de modelos e protótipos, etapa do processo de desenvolvimento de produtos para a fabricação em série, veio em 1987 pela empresa 3D Systems, que desenvolveu um sistema onde utilizava uma resina fotossensível que era solidificada ao ser exposta a uma luz ultravioleta, chamada de estereolitografia ou *Stereolitografy Apparatus* (SLA) (TAKAGAKI, 2012).

Recentemente a *startup* americana Organovo, “bio-imprimiu” (3D) seu primeiro tecido de fígado humano para testes, depois em 2010 usaram uma técnica inovadora para “bio-imprimir” o primeiro vaso sanguíneo humano, esperando que nos próximos 10 anos haja condições concretas de “bio-impressão” de órgãos completos (BERNARDES, 2016).

Em abril de 2016, Dubai deu um passo importante para tornar o uso da tecnologia da impressão 3D na construção uma realidade. Batizado com o nome de Dubai 3D *Printing Strategy*, esse projeto tem a pretensão de promover a liderança do Emirado na aplicação dessa tecnologia até o ano de 2030 (BERNARDES, 2016).

Um bom exemplo da aplicação da impressão 3D na construção civil aconteceu na China, onde um edifício de cinco andares foi concebido pelo uso de impressora 3D, sem a ajuda de outro tipo de fer-

ramenta. E como não poderia deixar de ser, para a realização desse empreendimento foi preciso contar com uma impressora de grandes proporções (6,6 metros de altura, 10 metros de largura e 40 metros de comprimento). Com esse equipamento robusto de impressão 3D, foi possível realizar todos os contornos do edifício e ainda fabricar todas as peças inerentes à sua montagem (MEGA SISTEMAS CORPORATIVOS, 2017).

Com base nas pesquisas relacionadas ao desenvolvimento de novos produtos dessa categoria, estima-se que o mercado de impressão 3D movimentará uma média de US\$ 120 bilhões em 2020 e cerca de US\$ 300 bilhões em 2025 (BERNARDES, 2016). A tecnologia pode ser utilizada em várias esferas do setor imobiliário, inclusive na construção de habitação inclusiva e social. Observa-se com isso um nicho interessante e muito promissor que é a inovação em materiais, ampliando a utilização de reciclados e locais.

As camadas construtivas são o princípio básico da impressão 3D, pois ela consiste na fabricação de uma peça a partir da deposição de um determinado material em camadas sobrepostas repetidas vezes até que se tenha a peça completa (TAKAGAKI, 2012).

Os métodos de construção de uma edificação, independente de qual tipo seja, são sempre parecidos. Basicamente, necessitou-se de uma forma, armação e concreto para materializar um projeto. Já nas impressoras 3D acontece por meio da divisão em várias camadas do que será impresso de baixo para cima e, por meio da sobreposição delas.

Responsável pela grande quantidade de entulho produzido pelas obras e uma alta emissão de gases, o processo tradicional de construção em termos de sustentabilidade fica para trás quando comparado com a impressão de edificações. Além de apresentar baixas emissões de carbono, possui uma considerável redução nas sobras das construções. Utilizando materiais reciclados como matéria prima ou mais avançados tecnologicamente, como o concreto capturador de carbono (CO₂) e o concreto reciclado feito a partir do entulho gerado. Uma edificação impressa também apresenta melhores condições térmicas

para o ambiente externo com um menor consumo energético durante sua construção. Em um futuro espera-se desperdício zero (KHOSHNEVIS, 2012).

Criado para controlar máquinas via computador, é comum associar o termo CNC (Comando Numérico Computadorizado) a máquinas de usinagem. Assim como estas, as impressoras 3D também fazem uso desse sistema. Dessa forma, este trabalho tem por objetivo, desenvolver um protótipo de pequeno porte para impressão 3D de paredes de argamassa polimérica utilizando para isso a técnica de CNC.

Como foi dito anteriormente, inúmeros países vêm pesquisando a impressão 3D e desenvolvendo novas técnicas voltadas para diversos setores da economia, enquanto o Brasil caminha a passos curtos. Nesse sentido, o presente trabalho propõe desenvolver um protótipo de pequeno porte de uma impressora 3D, capaz de produzir paredes com argamassa polimérica.

Incluso no CNPQ (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), como um projeto contemplado com bolsa de iniciação científica, as pesquisas e atividades estão sendo desenvolvidas em sua totalidade no Laboratório de Automação e Materiais de Construção do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

A problemática em questão é elaborar com materiais acessíveis, uma estrutura a qual permita movimentos tridimensionais. E também a respeito da sobreposição do material impresso, que diferente dos termoplásticos (usados como filamentos nas impressoras convencionais) a argamassa polimérica como matéria prima de impressão não apresenta a propriedade da solidificação “instantânea”, necessitando de um tempo de pega.

Assim é aberta uma diversidade de áreas de estudo para a execução completa do projeto, incorporando aspectos mecânicos (referentes à física estrutural da impressora), aspectos relacionados à construção civil (referente ao material de impressão e ao formato estrutural) e aspectos elétrico-eletrônicos/eletrônicos/computacionais

(referentes à distribuição, alimentação e automação dos elementos elétricos).

Material e métodos

Desenvolvido no Laboratório de Automação e Materiais de Construção, do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, campus Cruz das Almas, a elaboração desse trabalho aconteceu por meio da divisão em quatro etapas. Primeiramente houve a confecção do protótipo virtual em ambiente CAD, seguido da concepção do protótipo físico. Concluídas essas etapas ocorreu a simulação dos resultados por meio de um software e finalizou-se com a impressão da parede também de forma simulada.

Uma vez desenvolvido o protótipo de modo virtual, foi utilizado um software de computação gráfica, para viabilizar estruturalmente a construção de um protótipo de pequeno porte, capaz de imprimir usando argamassa.

Inicialmente, houve um período de contextualização com o software CAD. Então, ocorreu a modelação de toda a estrutura mecânica responsável pela impressão, baseando-se em peças disponíveis em laboratório, reaproveitadas de antigos projetos e sucatas. Com as peças modeladas e posicionadas, ainda no modelo virtual, foi possível prever e identificar falhas nas montagens antes que fossem reproduzidas na realidade.

Levando em consideração a carga que a estrutura mecânica iria suportar, foi desenvolvido no próprio software CAD um estudo por meio do método dos elementos finitos, garantindo a integridade da estrutura mediante a carga de argamassa.

Concluindo a primeira etapa, deu-se início a construção do protótipo físico onde, para cada eixo coordenado X, Y e Z um sistema mecânico foi desenvolvido.

Com o uso de roletes, espaçadores, parafusos e fôrmas, peças reaproveitadas de antigos projetos de movimentação tridimensional,

foi montado o conjunto do perfil central móvel, responsável pelo deslocamento no eixo X. Para Y, foi anexo ao perfil móvel um mecanismo de deslocamento também com roletes, intitulado de carro móvel.

O deslocamento dos mecanismos ocorreu por meio do motor de passo 23LM-K005-20, reaproveitado de sucatas de impressoras matriciais. Assim, dois motores, em paralelo, serão responsáveis pelo movimento em X.

Quanto a transmissão de movimento do motor para o perfil em X foi realizada com uma transmissão tipo correia-polia. A transmissão de movimento do motor para o perfil em X se deu por meio do sistema correia-polia. Usando o software CAD, foram modeladas polias lisas. Após esse processo, utilizando impressoras 3D procedeu-se com a impressão das peças.

Para transmissão de movimento no eixo Y, foi desenvolvido um mecanismo, que levou o mesmo modelo de motor e um sistema de correia e polias.

No sistema de movimentação em Z outro motor de passo menor foi acoplado, e, para aumentar o torque, foi modelado e impresso um sistema de engrenagens e uma cremalheira, para o deslocamento de uma haste axialmente.

Um conjunto de oito polias foi distribuído no carro móvel conforme a necessidade de estabilizar a haste. Esses elementos foram impressos em impressora 3D.

A finalização da estrutura mecânica ocorreu com a adição de quatro suportes (pés), que foram contraventados garantindo estabilidade à estrutura.

Iniciou-se então a terceira etapa com a modelagem virtual da camada do segmento de parede que se pretende imprimir. A mesma foi replicada diversas vezes sobrepondo as camadas anteriores, assim a parede foi erguida e ganhando forma.

No próprio software CAD de modelação, o segmento de parede virtual foi submetido a estudos de resistência pelo método dos elementos finitos, de forma que fossem obtidos dados aproximados do que se espera na realidade.

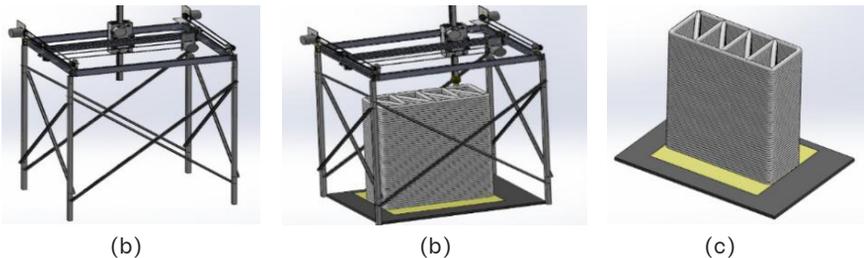
Para realização dos estudos foram aplicadas as propriedades físicas da argamassa com traço 1:1:6 (cimento, cal, areia).

Referente a quarta parte desse projeto, onde seria impresso o segmento de parede, por conta da pandemia mundial de Covid-19 e, conseqüentemente a suspensão das atividades acadêmicas, ficou em aberto esta etapa, que será retomada logo após o regresso do ano letivo.

Resultados e discussão

De maneira introdutória representando as três fases concluídas da elaboração do projeto, tem-se a Figura 1(a) onde observa-se em modelo virtual, a fase final da estrutura do equipamento, a Figura 1 (b), representando o funcionamento do equipamento imprimindo um segmento de parede, e na Figura 1(c) nota-se o segmento de parede já impresso, que será submetido a testes de resistência mecânica.

Figura 1 - Desenho CAD do protótipo de impressora 3D, estrutura metálica (a), representação CAD dos testes de impressão (b), representação em CAD do segmento de parede impresso para testes de resistência mecânica (c).



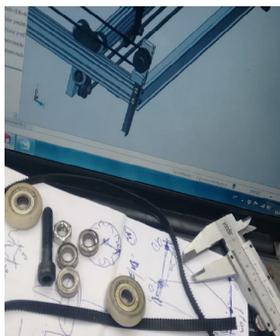
Fonte: Autores (2020).

Partindo do modelo virtual correspondente a primeira etapa, após o período de contextualização com o software CAD de modelação, os materiais existentes em laboratório foram modelados e posicionados formando as peças da estrutura mecânica, Figura 2 (a). Ainda no modelo 3D no software, foi possível prever e identificar falhas nas montagens antes que fossem reproduzidas na realidade.

A conclusão da primeira etapa ocorreu com uma simulação de resistência, comprovando a integridade da estrutura mecânica quando

submetida ao peso de uma bisnaga de argamassa. Apoiada pela face inferior dos quatro suportes, a força foi direcionada sobre o carro móvel, que aceitou bem a carga arbitrária de 15 Newtons. Esse índice corresponde a mais que uma bisnaga de argamassa chega a atingir Figura 2 (b).

Figura 2 – Modelagem do protótipo em ambiente virtual das peças disponíveis em laboratório (a), vista isométrica da estrutura virtual, submetida ao teste de resistência usando o método dos elementos finitos (b)



(a)



(b)

Fonte: Autores (2019).

Partindo para segunda etapa, por meio do modelo virtual já construído anteriormente na etapa 1, cada subsistema foi minuciosamente analisado, de forma a direcionar a construção do modelo real sem imprevistos. Assim, deu-se início a construção real dos mecanismos responsáveis pelo deslocamento em cada um dos eixos coordenados X, Y e Z.

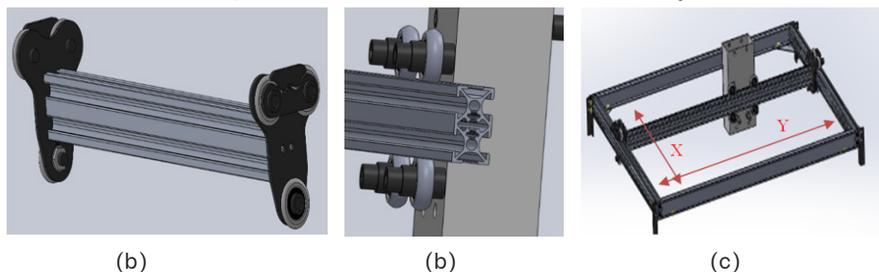
Montado com as peças reaproveitadas de antigos projetos de movimentação tridimensional, o conjunto do perfil central móvel, Figura 3 (a), tornou possível o deslocamento no eixo X. Os roletes fixos nas extremidades permitem essa movimentação dentro da estrutura metálica construída a partir dos perfis modelo V-Slot.

Para Y, foi anexado ao perfil móvel um mecanismo de deslocamento também com roletes, intitulado de carro móvel. Toda movimentação e fixação, assim como no perfil móvel acontece por meio do encaixe dos roletes nas fendas presentes no perfil estrutural modelo

V-Slot, escolhido propositalmente por conta das fendas que fixam os mecanismos e os limitam para se deslocarem apenas em uma direção, Figura 3 (b).

Com a possibilidade de deslocamento bidimensional nos eixos X e Y surge a região conhecida como mesa de impressão, Figura 3 (c).

Figura 3 – Construção do perfil móvel solidário ao carro móvel (a), vista aproximada do modelo tridimensional do carro móvel (b), vista isométrica em CAD da estrutura da mesa de impressão destacando os eixos de movimentação X e Y.



(b)

(b)

(c)

Fonte: Autores (2019).

Os sistemas mecânicos responsáveis pelo deslocamento necessitam de um motor que possua torque razoável e precisão de giro. Para atender a estas necessidades, foi utilizado o motor de passo 23LM-K005-20, reaproveitado de sucata de impressoras matriciais. Devido a grande massa e comprimento para deslocamento (todo o perfil móvel), dois motores, em paralelo, serão responsáveis pelo movimento em X, em lados opostos, garantindo movimentos precisos e um melhor desempenho.

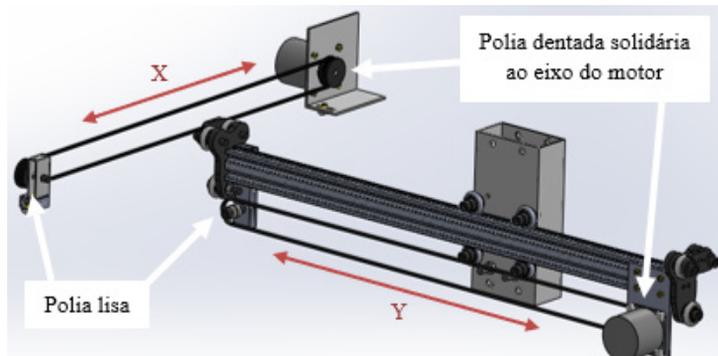
A transmissão de movimento do motor para o perfil, em X foi realizada com uma transmissão tipo correia-polia, no intuito de reduzir custos e garantir a precisão do motor. Usando o software CAD, foram modeladas polias lisas com suporte que ficam no extremo oposto ao motor no eixo X. Após modelagem foi impressa em 3D em laboratório. A transmissão montada é mostrada na Figura 4. De forma ilustrativa é representado apenas um dos sistemas responsáveis pela movimentação em X, encontrando-se a outra metade espelhada ao fim do perfil móvel.

A transmissão de movimento no eixo Y, foi realizada de modo análogo ao eixo X, foi projetado e desenvolvido um mecanismo, que levou o mesmo modelo de motor e um sistema de correia e polias, as quais foram readequadas a nova posição de trabalho.

Seguindo uma linha de construção diferente das impressoras 3D convencionais, a mesa de impressão para imprimir edificações necessita ser estática, pois a parede não pode se mover em nenhuma direção, obrigando que a máquina se movimente em torno dela. Assim, para translação em Z, um mecanismo precisou ser acoplado no carro de movimentação em Y.

Usando o software CAD, um sistema foi desenvolvido para realizar a elevação apenas de uma haste, que transportaria internamente a matéria prima em pequena quantidade, através de um duto existente no interior da haste.

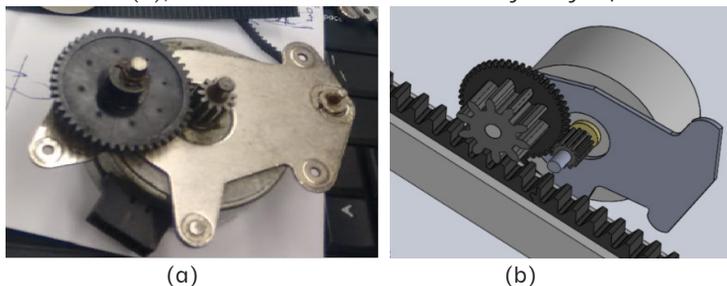
Figura 4 – Modelo virtual do sistema responsável pela movimentação e transmissão de movimento para os mecanismos que transladam nos eixos coordenados X e Y.



Fonte: Autores (2019).

Para o deslocamento da haste, as exigências físicas para o sistema de movimentação em Z foram pouca massa, para diminuir a inércia do conjunto em movimento em 3 eixos. Assim, outro motor de passo menor foi acoplado, mostrado na Figura 5 (a). Para aumentar o torque, foi modelado um sistema de engrenagens e uma cremalheira, para deslocar a haste axialmente, Figura 5 (b).

Figura 5 – Motor de passo utilizado, original dos sistemas de acionamento de vidro elétrico automotivo (a), modelo virtual do mecanismo engrenagem/cremalheira (b).



(a)

(b)

Fonte: Autores (2019).

Definido o sistema de transmissão de movimento, restava apenas um mecanismo que limitasse a movimentação da haste para que se deslocasse apenas na vertical. Um estudo de custo benéfico apontou o uso de um sistema de polias, as quais foram também desenvolvidas e impressas 3D em laboratório, em seguida foram distribuídas conforme a necessidade de estabilizar o perfil.

A finalização da estrutura metálica junto aos sistemas de movimentação em X, Y e Z, Figura 6 (a), ocorreu com a inclusão de quatro suportes (pés), que foram contraventados, garantindo estabilidade conforme a movimentação na mesa de impressão ocorra. O sistema de suporte foi projetado para encaixado na estrutura superior, de modo a facilitar a montagem/desmontagem, manutenção e transporte do sistema, como é mostrado na Figura 6 (b).

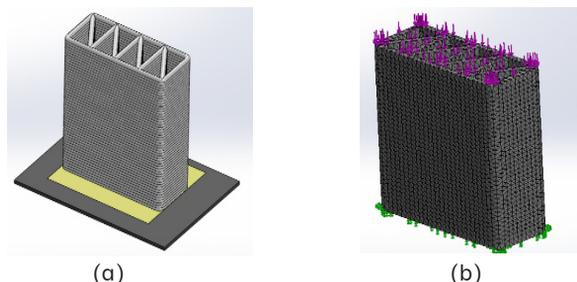
Figura 6 – Estrutura mecânica finalizada capaz de movimentar-se tridimensionalmente (a), inclusão dos suportes de apoio (b).



Fonte: Autores (2019).

No próprio software CAD de modelação do segmento de parede virtual foi submetido a estudos de resistência pelo método dos elementos finitos, de forma que fossem obtidos dados aproximados do que se espera na realidade, Figura 7 (b).

Figura 7 – Modelo virtual das várias camadas de argamassa comendo o segmento de parede (a), modelo virtual do segmento de parede submetido a testes de resistência (b).



Fonte: Autores (2020).

Para realização dos estudos foram aplicadas as propriedades físicas da argamassa com traço 1:1: 6 (cimento, cal, areia), devido a sua grande aplicação na alvenaria e uma maior disponibilidade de dados na literatura para levantamento das suas propriedades. Com base no material bibliográfico descrito, foi possível elaborar a tabela 1 com as principais características físicas da argamassa de traço 1:1: 6, possibilitando virtualmente executar os testes de resistência por meio do método dos elementos finitos.

Tabela 1 – Propriedades Físicas da argamassa com traço 1:1:6.

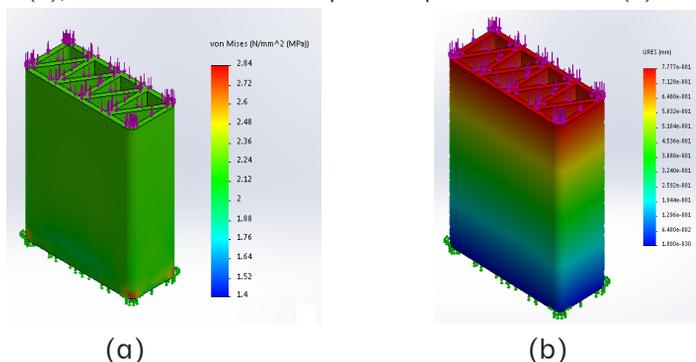
Propriedades	Valor	Unidades
Módulo elástico	1972	N/mm^2
Coeficiente de Poisson	0,2	N/A
Massa Específica	1775	N/m^3
Resistência a Tração	0,78	N/mm^2
Resistência a Compressão	2,87	N/mm^2
Limite de escoamento	53,54	N/m^2
Condutividade térmica	0,15	$W/(mK)$

Fonte: Adaptado de Bastos, (2010); Maciel, (2016); Mohamad, (2009); Mohamad, 2006); Silva, (2008).

Através de uma simulação de compressão, a carga foi concentrada por toda a superfície de forma uniforme e com o apoio distribuído de forma uniforme por toda área da base, o software apresentou o resultado até ruptura, o segmento de parede suportaria até 120 kN, Figura 8 (a).

Para a simulação de deslocamento o software apresentou com as mesmas condições citadas uma diminuição de 0,78 mm na altura do segmento de parede, Figura 8 (b).

Figura 8 – Modelo virtual do segmento de parede submetido a compressão de 120kN (a), deslocamento resultante pela compressão dos 120 kN (b).



Fonte: Autores (2020).

Comparando os dados colhidos na simulação virtual e comparando com ensaios mecânicos já realizados com segmentos de paredes tradicionais conforme Tabela 2, os resultados da parede impressa mostraram-se satisfatórios. Vale ressaltar que são dados aproximados e, certamente, haverá incrementos para um melhor desempenho quanto a sua resistência mecânica e das propriedades físicas com a adição do polímero, para composição da argamassa polimérica.

Tabela 2 – Resultados obtidos a partir dos segmentos de parede submetidos a ensaio de compressão.

Condição de revestimento	Parede	Força média suportada
Sem revestimento	P01/ P02	397 kN
Argamassa “fraca”	P03/ P04	485 kN
Argamassa “forte”	P05/ P06	470 kN

Fonte: Adaptado de Oliveira (2001).

Para os passos futuros com a impressão real do segmento de parede, o mesmo será submetido a testes práticos igualmente realizados no modelo virtual, onde se espera a obtenção de melhores resultados com a mudança das propriedades físicas da argamassa por meio da adição do polímero.

Conclusão

Com o início da construção da impressora 3D para edificações, foi possível entender os aspectos preliminares de desenvolver uma tecnologia ainda em estágio embrionário no Brasil, disseminando informações e dados referentes a pesquisa nesse campo, importante para pesquisadores gerarem novos estudos relacionados ao tema no Brasil.

Durante a elaboração de cada etapa da impressora foi possível ter contato direto com diversos aspectos da engenharia iniciando com a parte virtual, onde foi constatada a importância de um software CAD no desenvolvimento de qualquer projeto. Por meio do modelo virtual as falhas são localizadas e solucionadas de maneira que não sejam reproduzidas no modelo real, evitando perda de tempo com retrabalho, e dinheiro com novos materiais. A partir do modelo virtual, o protótipo foi fabricado em seguida com as peças reutilizadas.

Ainda em fase inicial os primeiros testes de resistência da parede impressa foram executados virtualmente, por meio de dados colhidos com as propriedades da argamassa com traço 1:1:6. Apesar dos testes se mostrarem satisfatórios, fazendo comparação ao modelo tradicional em alvenaria, é de se esperar melhores resultados práticos, a partir da adição de polímero na argamassa, melhorando ainda mais suas propriedades físicas.

Por conta da suspensão das atividades acadêmicas a última etapa ficou em aberto, correspondente a impressão real do segmento de parede, finalizando com os resultados obtidos com os testes virtuais, os números gerados se mostraram animadores quando comparados com o ambiente real. Com a retomada das atividades letivas será possível

validar os dados referentes as simulações virtuais, obtendo um resultado positivo caso os valores se aproximem dos resultados teóricos.

Com base no estudo realizado durante este trabalho, foi possível notars que, a impressão em 3D para deposição da argamassa ou concreto, é uma realidade que poderá vir a ser utilizada de forma comercial. Através da elaboração deste protótipo, um passo importante foi dado ao desenvolvimento de equipamentos mais complexos e de porte maior, trazendo avanços na automação da construção civil.

Também é de se esperar que este trabalho leve ao surgimento de novas pesquisas e parcerias, que venham somar na busca de aperfeiçoamento, no intuito de que sejam produzidas máquinas com capacidade de produzir edificações para o mercado com qualidade, rapidez e baixo custo.

Referências

BASTOS, P. K. X.; LEMONGE, A. C. C.; SIGILIANO, V. S.; RESENDE, S. C. **Estudo do módulo de elasticidade de argamassas de revestimento sujeitas à sucção de água pela base.** In: CONGRESSO PORTUGUÊS DE ARGAMASSAS DE CONSTRUÇÃO, 3., 2010, Lisboa. Anais... Lisboa, 2010.

BERNARDES, M. **Impressão em 3d na construção:** em breve uma realidade em escala. *Jornal da Construção*, [S. l.], ano 4, n. 33, p. 12-13, 1 fev. 2017.

KHOSHNEVIS, B. **Contour crafting:** automated construction Behrokh Khoshnevis at TEDxOjai. Youtube. [S. l.]: TEDx Talks, 2012. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=JdbJP8Gxqog>. Acesso em: 4 jul. 2020.

MACIEL, G. de F.; BARBOSA, M. P.; PEREIRA, J. B. **Análise comparativa da tensão limite de escoamento de argamassas por meio da técnica de Pashias e reometria rotacional.** *Construção Civil*, Rio de Janeiro, v. 21, ed. 4, 2016.

MEGA SISTEMAS CORPORATIVOS. **Como a impressão 3D vem transformando a construção civil?** [S. l.], 21 jul. 2017. Disponível em: <https://>

www.mega.com.br/blog/como-a-impressao-3d-vem-transformando-a-construcao-civil-7005/. Acesso em: 5 jul. 2020.

MOHAMAD, G. I.; NETO, A. B. da S.S.; PELISSER, F.; LOURENÇO, P. B.; ROMAN, H. R. **Caracterização mecânica das argamassas de assentamento para alvenaria estrutural – previsão e modo de ruptura**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2009.

MOHAMAD, P.; LOURENÇO, P. B.; ROMAN, H. R. Propriedades mecânicas das argamassas sob compressão triaxial-análise e previsão. Engenharia Estrutural, Campinas, p. 1-10, 2006. **Anais das XXXII Jornadas Sulamericanas de Engenharia Estrutural**. Campinas, 2006.

OLIVEIRA, F. L. de. Ensaio de paredes de alvenaria submetidas a compressão axial. In: OLIVEIRA, F. L. de. **Reabilitação de paredes de alvenaria pela aplicação de revestimentos resistentes de argamassa armada**. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, [S. l.], 2001.

SILVA, N. G. da; CAMPITELI, V. C. **Módulo de Elasticidade Dinâmico de Argamassas de Revestimento**. Engenharia, II Encontro de Engenharia e Tecnologia dos Campos Gerais, p. 1-9, 2008.

TAKAGAKI, L. K. **Tecnologia de Impressão 3D**. Revista Inovação Tecnológica. São Paulo, v.2, n.2, p.28-40, jul/dez 2012.

Análise comparativa entre misturas asfálticas estocáveis

*Felipe Freitas Santos de Jesus
Mario Sergio de Souza Almeida
Marcos Couto Correia
André Iuri Sena de Carvalho
Edison Góes de Araújo Neto*

Introdução

O protagonismo do modo rodoviário na matriz de transporte de cargas e pessoas no Brasil caracterizada pela Confederação Nacional dos Transportes (CNT, 2019) tem dificultado cada vez mais a execução dos serviços rotineiros de manutenção e conservação do pavimento. A execução de uma operação tapa buracos, tarefa que até pouco tempo atrás consistia de uma atividade relativamente simples, passou a ser bastante laboriosa, dentre outras coisas em função das enormes filas geradas quando da instalação de sistemas tipo pare e siga. Aumentar a produtividade dessa operação de manutenção do pavimento passou a ser prioridade, sobretudo em vias de tráfego pesado ($N > 5 \times 10^6$).

Nesse sentido, vem ganhando notoriedade o uso de misturas estocáveis, que são aplicadas a frio, que além de facilitar o manuseio e aplicação ainda promove ganhos econômicos e ambientais relacionados a consumo de energia na fabricação e emissões de poluentes (FARSHAD *et al.*, 2017; LIU *et al.*, 2017). Acompanhando essa tendência, vêm se destacando as Misturas Asfálticas Estocáveis (MAE), comercializadas a granel, geralmente embaladas em sacos de 25 kg, conhecidas por serem, segundo os fabricantes, produzidas a quente com uso de aditivo no Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP) para aplicação a frio. Santana *et al.* (2017) estudaram três diferentes marcas de mistura ensacada. A primeira mistura foi usinada à quente com CAP 50/70

modificado com um retardador de cura. A segunda mistura continha resíduo sólido de pneus incorporado. A terceira, também produzida a quente, foram analisadas amostras de dois diferentes lotes. As misturas foram testadas como concreto asfáltico para determinação da estabilidade e fluência Marshall, resistência a tração por compressão diametral, além da determinação da volumetria da mistura compactada. Os resultados obtidos revelaram grande heterogeneidade entre os diferentes produtos, com elevados coeficientes de variação em relação aos respectivos valores médios medidos, com destaque para os teores de CAP residual determinados os quais variaram entre 5,89% e 12,11%, constatando que os produtos não alcançaram os requisitos mínimos exigidos pela norma do DNIT 31 (DNIT, 2006), tampouco a qualidade alegada pelos fabricantes.

Rezende *et al.* (2019) caracterizaram o produto denominado pelos autores de Concreto Asfáltico Estocável (CAE), utilizada sem especificação técnica no Estado de Goiás. O produto foi recebido no laboratório em recipientes plásticos de 200 kg, oriundo de fabricante anônimo. O material foi homogeneizado com separador mecânico, dividido em porções menores e estocado em sacos plásticos e baldes de 15 ou 20 litros para posterior realização dos ensaios. Para viabilizar a compactação dos corpos de prova utilizados nos ensaios mecânicos pela metodologia Superpave, os autores seguiram o mesmo procedimento adotado por Santana *et al.* (2017) onde a amostra estudada foi previamente aquecida a 60 °C. Foram moldados 12 (doze) corpos de prova, com diâmetros de aproximadamente 100 mm, separados em duas condições: i) seis com cura e; ii) seis sem cura. A cura foi realizada ao ar livre por 30 dias, sem aplicação de carregamento. As amostras foram submetidas aos ensaios de resistência à tração na compressão diametral e módulo de resiliência. Os resultados evidenciaram comportamento mecânico inferior da CAE comparado ao de concretos asfálticos convencionais utilizados no Estado de Goiás, mostrando que o material não se comporta como tal, diferentemente do que especificam os fabricantes.

Entretanto, uma alternativa de mistura estocável é o Pré-Misturado a Frio (PMF), técnica e cientificamente consolidada no mundo e normalizada no Brasil a nível Estadual e Federal. A Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfalto (ABEDA, 2010) classifica granulometricamente os PMFs em abertos, semidensos e densos, recomendando o uso de emulsões asfálticas de Ruptura Média (RM) para as misturas abertas e de Ruptura Lenta (RL), para os outros dois tipos. Esta recomendação é referendada pela norma DNIT 153 (DNIT, 2010). Ainda de acordo com ABEDA (2010) a utilização do PMFs é recomendada para rodovias de tráfego leve ($N < 5 \times 10^6$), ressaltando como uma das principais características do produto a possibilidade de estocagem, com período máximo de armazenamento, em função do tipo de emulsão asfáltica utilizada, podendo variar entre 7 dias (RL) e 30 dias (RM).

Para Rendelius *et al.* (2016), nos PMFs, que são fabricadas a frio com uso de emulsões asfálticas, a taxa de ruptura da emulsão deve ser lenta o suficiente para que a mistura seja produzida, estocada, transportada para o local e aplicado antes de seu enrijecimento. No entanto, pode ser difícil prever a taxa de ruptura de uma emulsão, pois é muito dependente do tipo agregado e graduação da mistura escolhida. Para os autores um ponto crítico na produção de PMF é a necessidade de gerenciar o excesso de água da emulsão, pois um elevado volume de vazios pode reduzir o desempenho da mistura no campo (LIU *et al.*, 2016).

Unger Filho *et al.* (2020) estudaram misturas asfálticas recicladas a frio, produzidas com 100% de material fresado, que é o resíduo de revestimento asfáltico antigo. Um dos objetivos dos autores foi analisar em laboratório e campo a influência do tempo de estocagem no comportamento mecânico da mistura reciclada. Os autores concluíram que o tempo de armazenamento melhorou, a princípio, as propriedades mecânicas da mistura.

Considerando as duas alternativas de misturas estocáveis apresentadas, o presente trabalho tem como objetivo desenvolver um estudo comparativo entre uma mistura ensacada comercializada no es-

tado da Bahia e um PMF produzido em laboratório para aplicação em serviços de tapa buraco de rodovias de tráfego leve e pesado.

Material e métodos

No presente estudo foi analisada uma mistura asfáltica a frio (PMF) produzida em laboratório, utilizando agregados da região do Recôncavo da Bahia e emulsão asfáltica de ruptura média (RM-1C). O PMF foi caracterizado, com determinação da volumetria da mistura compactada, e teve seu comportamento mecânico testado através de ensaios de estabilidade e fluência Marshall para utilização em rodovias de baixo e elevado volume de tráfego.

O trabalho contemplou ainda a avaliação de um lote de MAE doado por um fabricante local, composto por quatro sacos de 25 kg cada, totalizando 100 kg, com aproximadamente um mês de fabricação, o qual teve o teor de ligante e granulometria determinados, além de seu comportamento mecânico determinado nas mesmas condições do PMF.

Produção do PMF em laboratório

Todo o experimento foi realizado no Laboratório de Pavimentação da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. A produção do PMF em laboratório foi realizada de forma a atender a faixa D da norma DNIT 153 (DNIT, 2010). Destaca-se que a escolha da faixa D se deu por ser esta a faixa granulométrica mais densa da referida norma e, sendo assim, a que mais se assemelha com as misturas ensacadas comercializadas no Estado da Bahia.

Para obtenção da granulometria desejada utilizou-se uma brita 5/8” como agregado graúdo, e como agregado miúdo, uma areia artificial de britagem, conhecida como pó de brita, ambos oriundos da pedreira comercial Pedra do Cavalo, localizada Município de Muritiba/BA.

Inicialmente foi realizada a análise granulométrica por peneiramento destes agregados (DNER, 1998b), em triplicata, adotando-se o valor passante médio como característico de cada peneira utiliza-

da. De posse da granulometria dos agregados, foi possível definir o percentual de cada um deles na mistura, para atendimento à faixa D do DNIT (DNIT, 2010), de forma interativa. A melhor combinação em massa entre os dois agregados correspondeu a 71% de brita 5/8” e 29% de pó de brita, a qual posiciona a mistura granulometricamente como densa (ABEDA, 2010). A Tabela 1 apresenta a granulometria dos agregados e do traço utilizados na produção do PMF. Em seguida, procedeu-se a realização dos ensaios de determinação da densidade real para o agregado graúdo (DNER, 1998a) e para o agregado miúdo a determinação da densidade real (DNER, 1995) e equivalente de areia (DNER, 1997). A Tabela 2 resume os resultados obtidos destes ensaios.

Tabela 1 – Granulometria dos agregados e traço do PMF.

Peneiras		Brita 5/8”	Pó de pedra	PMF
Nome	Abertura (mm)	% que passa	% que passa	% que passa
1”	25,4	100	100	100
3/4”	19,0	100	100	100
1/2”	12,7	93,84	100	95,63
3/8”	9,5	56,19	100	68,89
#4	4,8	6,57	99,90	33,64
#10	2,0	2,69	70,67	22,40
#200	0,075	0,99	11,46	4,03

Fonte: Autores (2020).

Tabela 2 – Caracterização dos agregados do PMF.

Ensaio	Brita 5/8”	Pó de pedra
Densidade real (g/cm ³)	2,87	2,88
Equivalente de areia (%)	-	66,28

Fonte: Autores (2020).

Embora a ABEDA (2010) e a norma DNIT 153 (DNIT, 2010) recomendem o uso de emulsão asfáltica de ruptura lenta para PMFs densos, utilizou-se nesta pesquisa a de ruptura média (RM-1C), fornecida pela empresa Brasquímica Produtos Asfálticos Ltda. A norma DNIT (DNIT, 2013) define os ensaios de caracterização que devem ser reali-

zados com a emulsão, estabelecendo os limites que devem ser satisfeitos. Os resultados desses ensaios de caracterização, realizados pela própria empresa fabricante, estão apresentados na Tabela 3.

Vale destacar que a produção de PMF foi realizada com base na quantidade de fase asfáltica presente na emulsão. Como a fase asfáltica relativa tende a variar com o tempo de estocagem do produto, realizou-se, como uma medida de verificação, um novo ensaio de resíduo asfáltico no momento da produção da mistura. O resultado desse ensaio foi de 63,4%, valor ligeiramente superior ao da Tabela 3. Este foi o valor adotado para a determinação da quantidade de emulsão na mistura.

Tabela 3 – Caracterização da emulsão asfáltica.

Ensaio	DNIT 165 (2013)	Resultado	Método de ensaio
Viscosidade Saybolt Furol a 50°C (s)	20 - 200	33	NBR - 14491
Sedimentação após 5 dias (% m/m)	Máx. 5,0	2,2	NBR - 6570
Peneiração, 0,84 mm (% m/m)	Máx. 0,1	0,01	NBR - 14393
Carga de partícula	Positiva	Positiva	NBR - 6567
Solvente destilado (% v/v)	0 - 12	3,4	NBR - 6568
Resíduo asfáltico (%)	Mín. 62	62,4	NBR - 6568
Densidade a 25°C (g/cm ³)	-	1,00	-
Desemulsibilidade (% m/m)	Máx. 50%	29,0	NBR - 6569

Fonte: Brasquímica Produtos Asfálticos Ltda. (2018).

O teor de emulsão utilizado na produção do PMF foi de 7,12% em massa, que corresponde a 4,5% de CAP residual na mistura, considerando-se o ensaio de resíduo asfáltico realizado (63,4%). Este teor foi definido baseado nos teores médios observados em diferentes misturas asfálticas ensacadas comercializadas no Estado da Bahia. Dessa forma, ao utilizar-se um teor similar no PMF, garante-se que os resultados dos testes não serão influenciados por esse parâmetro.

A Figura 1 ilustra as etapas de produção do PMF, com destaque para a pesagem das amostras de agregados (a), emulsão asfáltica RM-1C utilizada (b) e misturas prontas para compactação (c).

Figura 1 – Etapas da produção do PMF em laboratório.

Fonte: Autores (2020).

Caracterização da MAE

O lote de MAE recebido do fabricante, acondicionado em quatro sacos, foi transformado em amostra única, conforme Figura 2 (a) e (b), devidamente homogeneizada. Para determinação do percentual de ligante asfáltico residual contido na MAE foram quarteadas e separadas seis amostras representativas do produto (Figura 2 (c)), de aproximadamente 500 g cada (Figura 2 (d)), onde três amostras foram submetidas à extração via Rotarex, (DNER, 1994A) e as outras três foram submetidas à extração do ligante asfáltico pelo método da ignição (Mufla), de acordo com a norma ASTM - D6307 (ASTM, 2010), com uma temperatura de 540°C e tempo mínimo de 4 horas. Após a extração, todas as amostras foram submetidas ao ensaio de granulometria por peneiramento (DNER, 1998b).

Figura 2 – Preparação da MAE.

Fonte: Autores (2020).

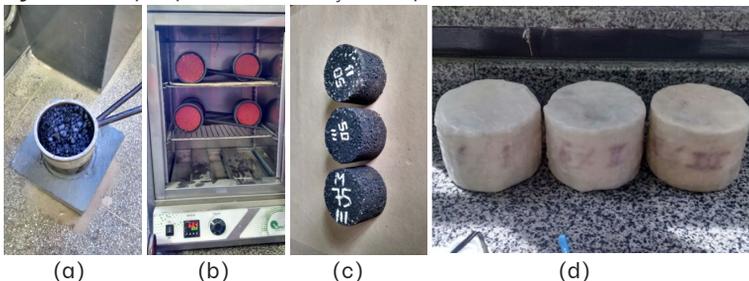
Caracterização Marshall das misturas

Com as misturas de PMF preparadas, foram confeccionados três corpos de prova (CP's) para cada energia de compactação (50 e 75 golpes), seguindo a metodologia Marshall (DNER, 1994b), com massa total de mistura preparada para cada CP de 1250 g, aproximadamente. Quanto à MAE, após a homogeneização do lote, realizou-se o quarteamento da mistura até chegar-se nas quantidades de 1250 g utilizadas para cada uma das seis amostras testadas. Em seguida, seis Corpos de prova foram compactados nas mesmas energias do PMF (50 e 75 golpes), conforme a Figura 3 (a), sendo três para número de golpes, para serem ensaiados de acordo a norma DNER (1994b).

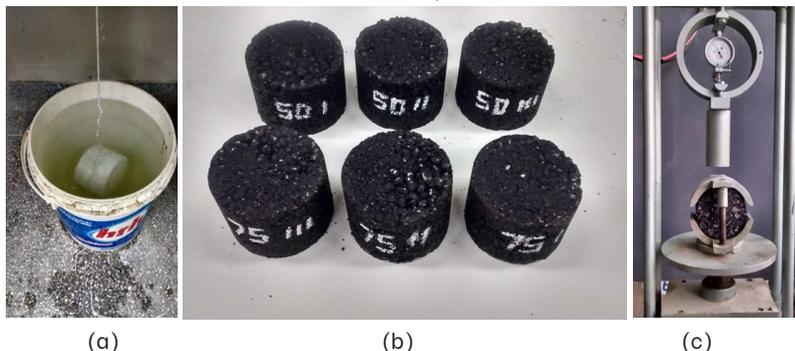
Posteriormente, as amostras compactadas foram levadas a estufa a 60 °C por 12 h para eliminação da umidade excedente (Figura 3 (b)). Na sequência os corpos de prova foram desmoldados para coleta das dimensões para a determinação dos parâmetros volumétricos de cada CP (Figura 3(c)). É importante destacar que em função das características das misturas (volume de vazios > 10%), houve a necessidade, conforme a norma DNER (DNER, 1994c), do uso de fita adesiva e parafina para a pesagem submersa das amostras (Figura 3 (d)).

Após coletadas as dimensões dos corpos de prova e realizadas as pesagens ao ar e imersas dos CPs (Figura 4 (a)), retirou-se a parafina e fita que envolviam as amostras (Figura 4 (b)) e as mesmas foram submetidas aos ensaios mecânicos para determinação da estabilidade e fluência na prensa Marshall (DNER, 1994b), conforme Figura 4 (c).

Figura 3 – Etapas para determinação dos parâmetros volumétricos das misturas.



Fonte: Autores (2020).

Figura 4 – Etapas da caracterização Marshall das misturas.

Fonte: Autores (2020).

Resultados e Discussão

Teor de ligante asfáltico da MAE

Os resultados individuais da extração de ligante asfáltico da MAE, via Rotarex e Mufla, bem como os respectivos valores médios e de coeficiente de variação (CV estão representados na Tabela 4.

O comparativo entre os percentuais individuais de ligante pelos dois métodos apresentaram pequena discrepância, entretanto, ambas as técnicas culminaram no mesmo valor médio. Contudo, para o método do Rotarex o coeficiente de variação foi significativamente superior à Mufla. Dessa forma, o teor médio encontrado de 4,56% está muito próximo ao utilizado na produção do PMF do presente estudo (4,5%) e de acordo com a norma DNIT 153/2010, a qual sugere para misturas a frio entre 4,0% e 6,0% de CAP residual.

Tabela 4 – Teor de ligante asfáltico da MAE.

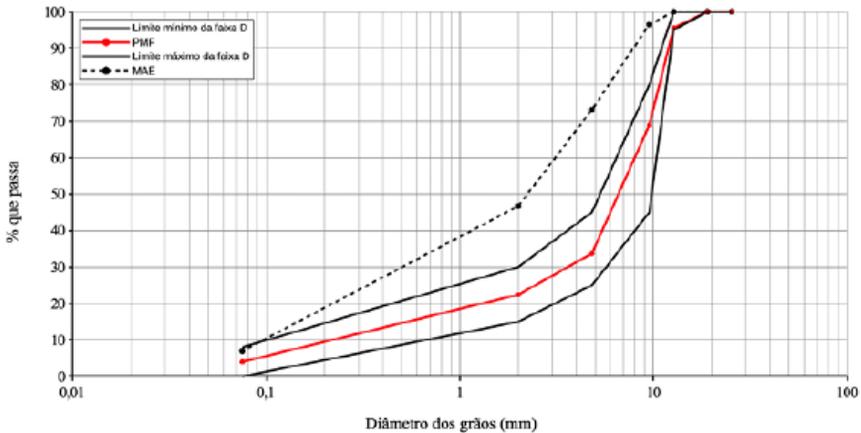
Método	Am. 01	Am. 02	Am. 03	Média	CV
Rotarex	4,40	4,40	4,87	4,56	5,95
Mufla	4,50	4,65	4,54	4,56	1,73

Fonte: Autores (2020).

Comparação entre as granulometrias das misturas

O comparativo entre as granulometrias do PMF produzido e da MAE, que corresponde à média das determinações após extração do ligante asfáltico com Rotarex e Mufla, está apresentada na Figura 5, juntamente com a faixa D da norma DNIT 153/2010.

Figura 5 – Granulometrias da MAE e do PMF



Fonte: Autores (2020).

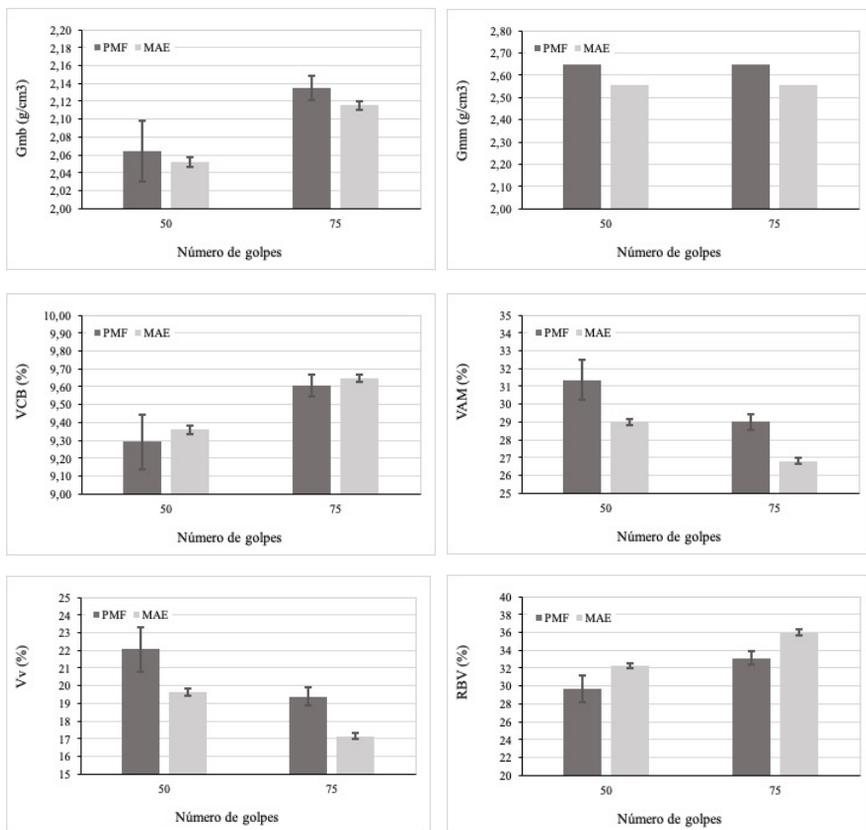
Importante salientar que conforme observado na determinação do teor de ligante, as granulometrias da MAE obtidas após cada método de extração ficaram muito semelhantes, corroborando para a constatação da acurácia entre os dois métodos de extração utilizados.

Os resultados da Figura 5 indicam, entretanto, que a granulometria da MAE avaliada não se enquadra na faixa granulométrica D da norma de Pré-misturado a frio (DNIT, 2010) por ser um material muito fino, estando a curva da mistura ensacada totalmente fora (e acima) da faixa mais densa da referida norma. Ao contrário, o PMF produzido enquadra-se aproximadamente no meio da faixa proposta estando plenamente de acordo com as exigências de textura da faixa D da norma DNIT (2010).

Parâmetros volumétricos das misturas compactadas

As características volumétricas das misturas compactadas em triplicata com 50 e 75 golpes estão apresentadas na Figura 6 em termos de densidade aparente (Gmb), densidade máxima teórica (Gmm), vazios cheios de betume (VCB), vazios do agregado mineral (VAM), volume de vazios (Vv) e relação betume vazios (RBV), juntamente com os respectivos desvios padrões sinalizados nos gráficos.

Figura 6 – Volumetria das misturas compactadas



Fonte: Autores (2020).

De acordo com a Figura 6 os valores médios de densidade aparente (G_{mb}) do PMF foram superiores aos da MAE, corroborados pelos valores de G_{mm} . Em relação aos valores de VCB e VAM, calculados com os parâmetros de cada mistura para determinação do V_v e RBV, apresentam comportamentos distintos, ou seja, enquanto VCB do PMF é superior ao da MAE para as duas energias de compactação, VAM tem comportamento inverso, sendo menor no PMF. Nesta mesma linha, os resultados de V_v e RBV, que são fisicamente correlacionados, apresentam comportamentos antagônicos, onde V_v do PMF é superior ao da MAE para 50 e 75 golpes, enquanto que RBV da MAE é superior. Chama atenção que a variação em torno da média, medida pelo desvio padrão dos parâmetros volumétricos avaliados sinalizado na Figura 6, foi sempre superior para o PMF em relação a MAE. Esta constatação pode estar relacionada ao fato do PMF ter sido produzido com emulsão asfáltica de ruptura média (RM-1C). De acordo com o manual da ABEDA (ABEDA, 2010), em função do volume de vazios da mistura, o PMF produzido no presente estudo seria classificado como uma mistura semidensa (V_v entre 15 e 22%), contrariando a classificação granulométrica anteriormente feita com base no mesmo manual (densa), corroborando a suspeita sobre a influência do tipo de emulsão nas características volumétricas da mistura.

Neste contexto é importante salientar que estes parâmetros volumétricos medidos estão intimamente relacionados a granulometria de cada mistura (Figura 5), considerando que o teor residual de ligante das duas misturas é praticamente o mesmo. Assim o PMF, que é mais granular, ou seja, de granulometria mais aberta, tende a apresentar volumes de vazios superiores a MAE que apresenta granulometria mais densa (ou fechada), tendendo a volumes de vazios menores quando comparada ao PMF compactado na mesma energia.

Resistência e deformabilidade das misturas

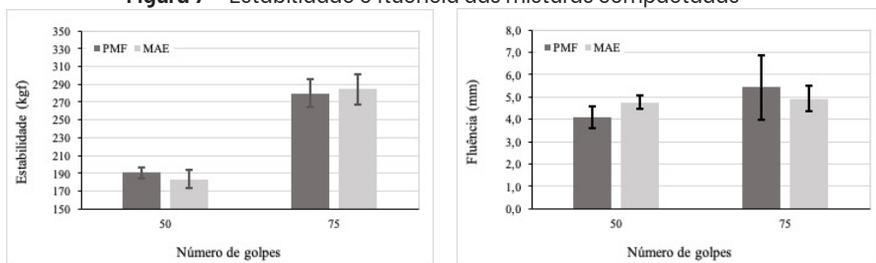
Os resultados médios dos ensaios de caracterização Marshall das misturas, em termos de estabilidade e fluência, para as energias

de compactação testadas, bem como as respectivas variações em torno da média, estão apresentados na Figura 7.

Os resultados mostram que para 50 e 75 golpes, referentes a tráfego leve e pesado, respectivamente, os valores de estabilidade medidos atenderam às exigências da norma DNIT 153/2010 para utilização das misturas em rodovias com estes níveis de tráfego, a qual estabelece para tráfego leve um valor mínimo de estabilidade de 150 kgf, enquanto que para tráfego pesado esse limite inferior sobe para 250 kgf.

Contudo, considerando-se os valores médios para 50 golpes, a estabilidade apresentada pelo PMF foi 11% superior à da MAE, enquanto para 75 golpes é 1,6% inferior. Em termos dos resultados individuais de estabilidade, observou-se pequena variação em torno das médias. O CV do PMF para 50 golpes foi menor que a MAE (3,3% contra 5,4%), enquanto que para 75 golpes foi ligeiramente superior (5,4% contra 6%).

Figura 7 – Estabilidade e fluência das misturas compactadas



Fonte: Autores (2020).

Em relação a fluência, cuja mesma norma acima define que os limites para 50 e 75 golpes estejam compreendidos entre 2 e 4,5 mm, apenas o PMF foi considerado apto para 50 golpes, com média de 4,1 mm. A MAE, para esse mesmo número de golpes, apresentou fluência média de 4,7 mm, ou seja, 4% acima do limite superior da norma. Para 75 golpes o PMF ficou bem acima, 5,4 mm (20%), enquanto a MAE mediu em média 4,9 mm, portanto, 9% superior ao máximo da norma DNIT 153 (DNIT, 2010).

Conclusão

As análises comparativas realizadas nas duas misturas, com base na norma de misturas asfálticas a frio, revelaram que granulometricamente PMF e MAE são sensivelmente distintas, mesmo com os teores de ligante asfáltico residual utilizados na fabricação de ambas terem sido praticamente os mesmos. Quanto ao comportamento mecânico as misturas apresentaram comportamentos similares em termos de resistência à compressão e deformabilidade. Embora ambas tenham sido qualificadas em termos de estabilidade para uso em rodovias de tráfego leve e pesado, o critério da fluência, entretanto, qualificou apenas o PMF para uso em rodovias de tráfego leve.

Referências

ABEDA, **Manual Básico de Emulsões Asfálticas**. 2ª edição. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **ABNT NBR 6567**: Ligantes asfálticos - Emulsões asfálticas - Determinação da carga de partícula. Rio de Janeiro, 2015. Publicação Técnica.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **ABNT NBR 6568**, Emulsões asfálticas - Determinação do resíduo de destilação. Rio de Janeiro, 2005. Publicação Técnica.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **ABNT NBR 6569**, Emulsões asfálticas catiônicas - Determinação da desemulsibilidade. Rio de Janeiro, 2009. Publicação Técnica.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **ABNT NBR 6570**, Emulsões asfálticas - Determinação da sedimentação. Rio de Janeiro, 2010. Publicação Técnica.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **ABNT NBR 14393**, Emulsões asfálticas - Determinação da peneiração. Rio de Janeiro, 2006. Publicação Técnica.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **ABNT NBR 14491**, Emulsões asfálticas – Determinação da viscosidade Saybolt Furol. Rio de Janeiro, 2007. Publicação Técnica.

ASTM, **ASTM - D6307**, Standard Test Method for Asphalt Content of Hot-Mix Asphalt by Ignition Method. United States of the America, 2010. Publicação Técnica.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES. **Anuário CNT do Transporte: Estatísticas Consolidadas**. São Paulo, 2019. Disponível em: <http://anuariodotransporte.cnt.org.br/2019/inicial>. Acesso em 12/05/2020.

DNER, **DNER - ME 53**, Mistura betuminosa – porcentagem de betume. Rio de Janeiro, 1994a, Publicação Técnica.

DNER, **DNER - ME 54**, Equivalente de areia. Rio de Janeiro, 1997, Publicação Técnica.

DNER, **DNER - ME 81**, Agregados – Determinação da absorção e da densidade de agregado graúdo. Rio de Janeiro, 1998a, Publicação Técnica.

DNER, **DNER - ME 83**, Agregados – Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 1998b, Publicação Técnica.

DNER, **DNER - ME 84**, Agregado miúdo – determinação da densidade real. Rio de Janeiro, 1995, Publicação Técnica.

DNER, **DNER - ME 107**, Mistura betuminosa a frio, com emulsão asfáltica – ensaio Marshall. Rio de Janeiro, 1994b, Publicação Técnica.

DNER, **DNER - ME 117**, Mistura betuminosa – determinação da densidade aparente. Rio de Janeiro, 1994c, Publicação Técnica.

DNIT, **DNIT - ES 31**, Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico. Rio de Janeiro, 2006, Publicação Técnica.

DNIT, **DNIT - ES 153**, Pavimentação asfáltica – Pré- misturado a frio com emulsão catiônica convencional. Rio de Janeiro, 2010, Publicação Técnica.

DNIT, **DNIT - ME 165**, Emulsões asfálticas para pavimentação, Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2013, Publicação Técnica.

FARSHAD, S., FAKHRI, M., AZAMI, A. **Evaluation of warm mix asphalt mixtures containing reclaimed asphalt pavement and crumb rubber.** Journal of Cleaner Production, vol. 165, p. 1125-1132, 2017.

LIU, X.; ZHOU, C.; FENG, D.; TANG, H.; XU, Y.; FAN, X. **Influence of moisture in aggregates on properties of cold-mixed resin asphalt mixture.** Construction and Building Materials, vol. 120, p. 232-240, 2016.

LIU, S., SHUKLA, A., NANDRA, T. **Technological, environmental and economic aspects of Asphalt recycling for road construction.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 75, p. 879-893, 2017.

RENDELIUS, P.; ÖSTLUND, J.; SOENEN, H. **Field experience of cold mix asphalt during 15 years.** Road Materials and Pavement Design, vol. 17, n. 1, p. 223-242, 2016.

REZENDE, D. A. T.; SILVA, J. P. S.; CARVALHO, I. S.; REZENDE, L. R. **Caracterização amostral de concreto asfáltico estocável por meio de ensaios laboratoriais.** Anais do 33º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes da ANPET, vol. 1, p. 1438-1449, Balneário Camboriú/SC, 2019.

SANTANA, A. C. S. T.; LOURENÇO, V. M. Q. **Análise das propriedades físicas e mecânicas de mistura asfáltica usinada à quente ensacada para aplicação à frio.** Anais do 34º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes da ANPET, vol. 1, p. 1574-1585, Recife/PE, 2017.

UNGER FILHO, W.; KLINSKY, L. M. G.; MOTTA, R.; BERNUCCI, L. L. B. **Cold Recycled Asphalt Mixture using 100% RAP with Emulsified Asphalt-Recycling Agent as a New Pavement Base Course.** Advances in Materials Science and Engineering, vol. 2020, 2020.

Patologias de fundações: estudo em Jacobina-BA

Iago Amorim Guilhermino de Jesus

Alexandra Cruz Passuello

José Humberto Teixeira Santos

Weiner Gustavo Silva Costa

Introdução

A crescente necessidade pela aceleração do desenvolvimento urbano assistido no país nos últimos anos, além da persistência de uma cultura voltada ao artesanal, traz consigo o alto volume de problemas estruturais dentro das obras, especialmente aquelas de pequeno porte. Com isso surge a necessidade de estudos relacionados à análise das diversas causas das falhas e anomalias que acabam comprometendo o desempenho das edificações. Para Helene (1992), Patologia é a parte da engenharia que analisa os sintomas, mecanismos, as causas e as origens dos problemas patológicos, ou seja, falhas e anomalias em construções. Os termos adotados para expressar a sua forma de representação externa são lesões, danos, defeitos ou manifestações patológicas.

Entre as diversas manifestações patológicas que podem surgir em uma edificação pode se destacar aquelas oriundas de falhas nas fundações. Isso ocorre devido a fundação ser o principal elemento de transmissão de cargas ao solo pela construção da estrutura. Essas falhas podem causar diversos danos à estrutura e, dependendo da gravidade do problema, pode levar toda a estrutura à ruína.

A NBR 6122 (ABNT, 2019) considera que fundação direta ou superficial é aquela cuja base está assentada em profundidade inferior a duas vezes a menor dimensão do elemento da fundação, transmitindo através dela as tensões para o terreno. São exemplos de fundações di-

retas, as sapatas e blocos. Fundação profunda é aquele elemento que transmite a carga ao terreno pela base (resistência de ponta) ou por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou até mesmo por combinação das duas, sendo sua base apoiada a uma profundidade oito vezes a sua menor dimensão em planta e no mínimo 3,0m. As estacas são exemplos desse elemento de fundação (ABNT, 2019).

Marcelli (2007) afirma que a escolha da fundação mais adequada é de fundamental importância para garantir o desempenho satisfatório de uma edificação, entretanto, como apontam Milititsky *et al.* (2015), as fundações diretas, devido justamente a sua facilidade construtiva, são as mais utilizadas em construções de pequeno porte.

Para Milititsky *et al.* (2015) existem diversas origens da ocorrência de manifestações patológicas causadas por falhas nas fundações, entre elas podem ser citadas: valores inadequados da tensão admissível do solo ou cota de apoio da fundação; ausência ou insuficiência das investigações geotécnicas; erros de interpretação dos resultados das investigações geotécnicas; modelos inconvenientes de cálculo das fundações; execução inadequada; e interação nos carregamentos da estrutura.

Em obras de pequeno porte não se nota os mesmos parâmetros de qualidade, e a falta de investigação geotécnica e da elaboração de projetos bem estruturados são fatores que culminam para o surgimento de falhas nas edificações (MARCELLI, 2007). De fato, Milititsky *et al.* (2015) apontam que, em mais de 80% dos casos de falha no desempenho de obras pequenas e médias, a ausência de investigação geotécnica é o motivo pelo qual são adotadas soluções inadequadas para o projeto de fundações.

Segundo Milititsky *et al.* (2015) uma das maiores causas do aparecimento de manifestações patológicas generalizadas nas estruturas das edificações são os recalques, que podem ser explicados como os deslocamentos verticais do solo sob a fundação devido a transferência de cargas. Conforme menciona Rebello (2008), os recalques podem ser causados por inúmeros fatores. Os recalques podem acontecer por adensamento, devido à redução dos vazios existentes no solo;

por escoamento, devido a migração de solo de uma região mais solicitada para a menos solicitada; e de forma elástica, devido a deformação apresentada quando o solo é submetido a um carregamento. A partir disso é possível entender que a capacidade de carga e a deformabilidade dos solos não são constantes, podendo mudar em função de interações que venham acontecer após a construção, seja por vibrações ou interferência de bulbo de tensões causadas por construções vizinhas, mudanças no regime hídrico que alteram as condições de umidade do solo, presença de vegetação que pode causar contração do solo em função da absorção de água pelas raízes, entre outros (THOMAZ, 1989; MILITITSKY *et al.*, 2015).

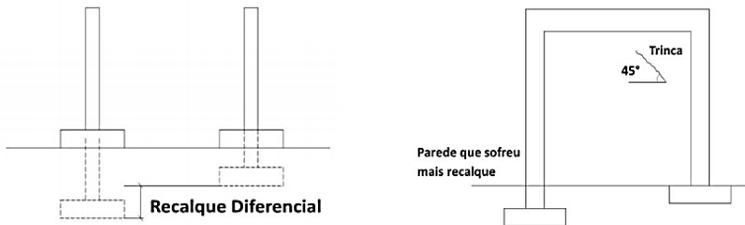
Souza e Ripper (1998) também apontam que a principal responsável pela falta de estabilidade das edificações é a interação entre o solo e a estrutura, sendo imprescindível conhecer as características do solo onde será executada o empreendimento. Entretanto, o entendimento do comportamento dos solos é um dos maiores paradigmas existentes na engenharia geotécnica, visto que suas variações volumétricas são justamente causadas por diferentes mecanismos, que não estão relacionados necessariamente ao carregamento da estrutura em si.

Entre os solos mais problemáticos em relação a estabilidade volumétrica estão aqueles colapsíveis e os expansivos. Ambos comportamentos são característicos de solos não saturados que, quando inundados apresentam variação volumétrica devido à expulsão de ar e rearranjo das partículas e absorção de água pelas partículas. Além disso, solos com essas características possuem grande presença de argilo-minerais responsáveis por significativas variações volumétricas em situações de mudanças do teor de umidade (MILITITSKY *et al.*, 2015).

Os recalques oriundos da deformação do solo causam diversas manifestações patológicas nas edificações, desde fissuras de diferentes espessuras até desvio, desaprumos, destacamento de revestimento cimentício e cerâmico, entre outros. Thomaz (1989) menciona que, de maneira geral, as fissuras causadas por recalques de fundações se apresentam inclinadas, inclinando-se em direção ao ponto onde

ocorreu o recalque. Paredes de vedação que sofrem com recalques diferenciais normalmente apresentam fissuras a 45° gerada pela ruptura da alvenaria em função da atuação de esforços cortantes (REBELLO, 2008). A Figura 1 mostra a dinâmica desse processo fissuratório.

Figura 1 - Trinca devido ao recalque diferencial

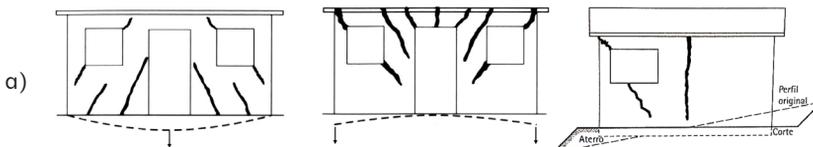


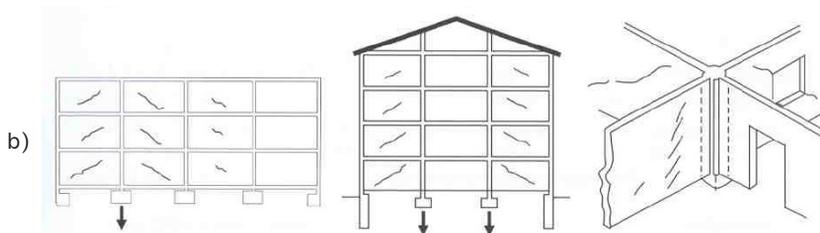
Fonte: Rebello (2008).

É claro que nem toda fissura inclinada é gerada por movimentações diferenciais das fundações, entretanto, as fissuras provocadas por recalques apresentam características adicionais que podem se diferenciar das demais. Por exemplo, a presença de esmagamentos localizados, em forma de escamas, dá indícios das tensões de cisalhamento que as estão provocando. Além disso, quando os recalques são mais acentuados, observa-se, inclusive, uma variação na abertura da fissura.

Milititsky *et al.* (2015) apresentam algumas configurações típicas de fissuras causadas por recalque de fundações (Figura 2), inclusive a ruptura acaba se manifestando nos pontos de maior fragilidade da estrutura.

Figura 2 - Deformações côncava, convexa e fissuramento de edificação assente, parte em corte e parte em aterro (a) e fissuras típicas causadas por recalque de fundações de pilares internos (b) .





Fonte: Milititsky *et al.* (2015).

Os recalques diferenciais podem provocar fissuras com diversas configurações pois dependerão de várias variáveis, como: tamanho e localização das aberturas, geometria das edificações, grau de enrijecimento da construção e eventual presença de juntas na edificação (THOMAZ, 1989).

Em relação a abertura de fissura, a NBR 6118 (ABNT, 2014) considera que as fissuras em elementos estruturais de concreto armado são inevitáveis devido à grande variabilidade e a baixa resistência à tração do concreto, prevendo aberturas máximas que ficam na ordem de 0,2 mm a 0,4 mm. O estabelecimento de limites para essa abertura está intimamente relacionado com a durabilidade das edificações, visto que as fissuras são vias de acesso de inúmeros agentes de degradação dos materiais, onde a água é o mais comum deles.

A relação entre abertura de fissuras e os danos causados vão desde prejuízos de natureza puramente estética afetando a aparência visual até prejuízos à função e a utilização de elementos estruturais e de alvenarias e acabamentos. A Tabela 1 apresenta uma classificação de danos às paredes de edifícios de acordo com o seu uso (VELLOSO e LOPES, 2011).

Tabela 1 - Relação entre fissuras e danos associados.

Abertura da fissuras (mm)	Intensidade dos Danos		
	Residencial	Comercial ou Público	Industrial
< 0,1	Insignificante	Insignificante	Insignificante
0,1 a 0,3	Muito leve	Muito leve	Muito leve
0,3 a 1	Leve	Leve	Leve
1 a 2	Leve a Moderada	Leve a Moderada	Leve a Moderada

2 a 5	Moderada a severa	Moderada a severa	Moderada a severa
5 a 15	Severa a muito severa	Severa a muito severa	Severa a muito severa
> 25	Muito severa a perigosa	Severa a Perigosa	Severa a Perigosa
Efeito na Estrutura			
< 0,1 a 0,3	Nenhum		
0,3 a 5	Apenas estética com deterioração acelerada do aspecto externo		
5 a 25	Utilização do edifício será alterada, no limite superior, a estabilidade pode também estar em risco		
> 25	Cresce o risco da estrutura torna-se perigosa		

Fonte: Thornburn e Hutchinson (1985) citado por Velloso e Lopes (2011).

Por fim, no setor construção civil as obras estão sujeitas a diversos tipos de anomalias que serão externadas a partir das manifestações patológicas. As suas origens estão amparadas em falhas que podem ser geradas em qualquer uma das etapas básicas que definem o processo genérico da construção civil, ou seja, a concepção da obra, sua execução e utilização (SOUSA e RIPPER, 1998). Obras que sejam executadas de uma forma irregular, ou então, que suprimam etapas importantes do processo podem apresentar processos patológicos importantes que podem se manifestar, inclusive, mesmo antes da sua conclusão.

Entender o motivo pelo qual cada manifestação patológica ocorreu, bem como o mecanismo físico, químico ou mecânico que está conduzindo o processo de deterioração, é fundamental para propor a terapia adequada ao problema. Para isso, faz-se necessário um estudo mais aprofundado em relação as causas dessas manifestações para então se ter um controle de qualidade na execução das diversas etapas (HELENE, 1992).

Diversas são as técnicas adotadas para identificação das anomalias e seu estado de deterioração. Elas podem preliminarmente serem executadas a partir de uma análise visual, porém, em muitos casos, ensaios adicionais poderão ser requeridos para um correto diagnóstico do problema (TUTIKIAN e PACHECO, 2013). Segundo Souza

e Ripper (1998), o diagnóstico é o processo que consiste em apresentar as origens, causas e mecanismos de degradação de cada anomalia. O diagnóstico é o entendimento dos fenômenos e trata-se das diferentes junções de causa e efeito dos motivos de ocorrência a partir dos dados já conhecidos, procurando assim determinar a possível origem do problema através do seu efeito. Para Helene (1992) o diagnóstico da manifestação patológica permite estabelecer parâmetros quanto ao estado de conservação do edifício, auxiliando na tomada de decisão quanto ao tipo de intervenção a ser adotada.

Após a realização do diagnóstico e das hipóteses causadores dos problemas, Helene (1992) afirma que deve estar explícito nas recomendações, a necessidade do projeto de recuperação dos elementos que não estão em perfeito estado de conservação e desempenho, descrevendo os processos e materiais a serem utilizados para o reparo, bem como memoriais descritivos, para que seja tomada a ação mitigadora mais apropriada e uma correta execução.

O trabalho aqui desenvolvido teve por objetivo estudar o quadro patológico apresentado por uma edificação residencial unifamiliar localizada na cidade de Jacobina-BA, cujas características apontavam para possíveis problemas nas fundações. Buscou-se entender como o processo construtivo foi conduzido e quais falhas poderiam ter conduzido para o aparecimento do problema.

Material e métodos

O estudo de caso refere-se a uma edificação residencial unifamiliar de alto padrão, construída no ano de 2015, com 175,77 m² de área construída em um lote cuja área é de 305,79 m². O sistema construtivo adotado na obra foi estrutura de concreto armado. A edificação é composta por dois pavimentos, onde distribuem-se quatro quartos, duas suítes, área gourmet, cozinha, sala de jantar, sala de estar, área de serviço e piscina. A solução adotada para a fundação foram sapatas isoladas, onde todas possuíam as mesmas dimensões (1x1m), não foi feita investigação geotécnica, bem como projeto estrutural, a

edificação foi construída sobre aterro de regularização. Aparentemente, a localização da edificação está numa posição relativa ao antigo talvegue e possivelmente recebeu esse aterro para regularização durante a construção do loteamento que ocorreu no ano 2014. Isso pode ser visto na Figura 3.

Foram realizadas inspeções visuais *in loco* para levantamento de fissuras e demais anomalias que poderiam ter relação direta com problemas das fundações. O método investigativo seguiu o recomendado por Helene (1992). As fissuras foram classificadas segundo sua abertura, geometria, localização e intensidade de dano, sendo adotada para isso o método proposto por Thornburn e Hutchinson (1985) *apud* Velloso e Lopes (2011), conforme descrito na introdução desse trabalho.

Figura 3 - Perfil transversal do loteamento na região da edificação



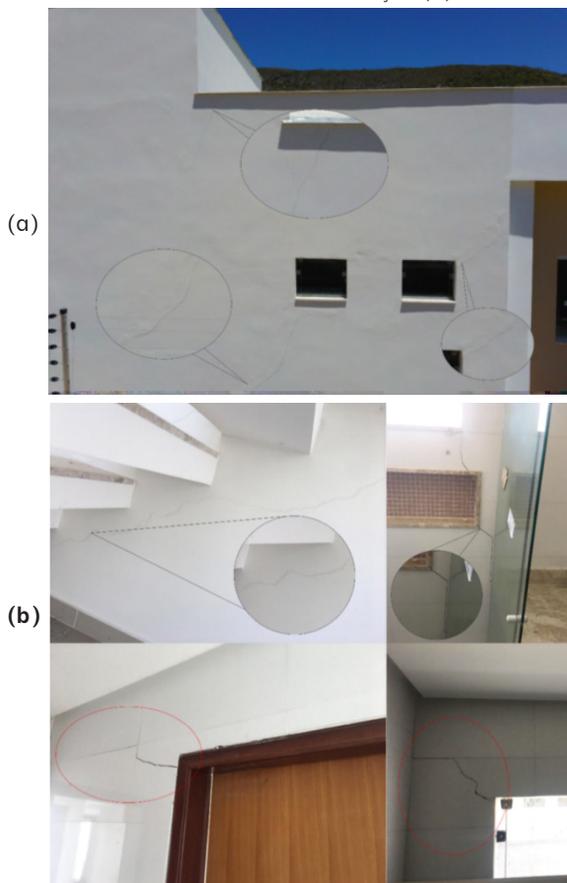
Fonte: Google Earth (2019).

Estudo de Caso

Após a realização da inspeção visual na edificação desse estudo de caso, foi possível identificar a presença de grande número de fissuras, localizadas tanto nas paredes externas, quanto internas da edificação, como também nos muros de divisória do lote.

A partir dos danos encontrados é possível perceber muitas fissuras localizadas nas portas e janelas da edificação (Figura 4), partindo a 45° dos vértices das aberturas. Conforme aponta Thomaz (1989), essa configuração de fissura é muito característica de situações de recalques diferenciais. Também foi possível identificar fissuras com as mesmas configurações de inclinação, porém em paredes de vedação. Conforme aponta Rebello (2008), essa configuração também é típica de movimentações no solo.

Figura 4 - Fissuras na fachada exterior da edificação (a) e no interior da edificação (b).



Fonte: Autores (2019).

Para comprovar a cedência do solo, foi realizada uma janela de inspeção na fundação da edificação, no local específico onde o processo fissuratório estava mais crítico. Foi possível notar que abaixo da viga baldrame o solo da base estava cedendo, como pode ser visto na Figura 5. Um outro problema encontrado a partir da abertura da janela de inspeção também que uma das vigas baldrame foi perfurada para passagem de uma tubulação de esgoto. A abertura na fundação provoca redução de resistência mecânica desse elemento, podendo gerar deformações excessivas, e conseqüentes fissuras, tanto no próprio elemento estrutural como nas paredes de vedação acima dele. Esse tipo de problema normalmente é causado pela ausência de compatibilização de projeto e acaba impactando o desempenho e a durabilidade da edificação.

Outro problema que foi possível observar através da escavação, foi que as armaduras presentes nos elementos estruturais estavam sem cobertura necessário, com presença de umidade e processo de corrosão já instaurado (Figura 5). Pode-se ver ainda excentricidade considerável na transferência de carga do pilar/viga baldrame para o pilar de arranque.

Figura 5 - (a) Exposição da armadura das vigas baldrame (b) redução da seção e excentricidade de carregamento.



a)

Fonte: Autores (2019).

b)

Outras anomalias que associam o problema com recalques foram encontradas. Entre elas um deslocamento vertical do solo, provocando a separação entre alvenaria das paredes de vedação e o reves-

timento cerâmico do piso. Em alguns pontos o deslocamento vertical chegou a atingir 1,5 cm, conforme é possível ver na Figura 6.

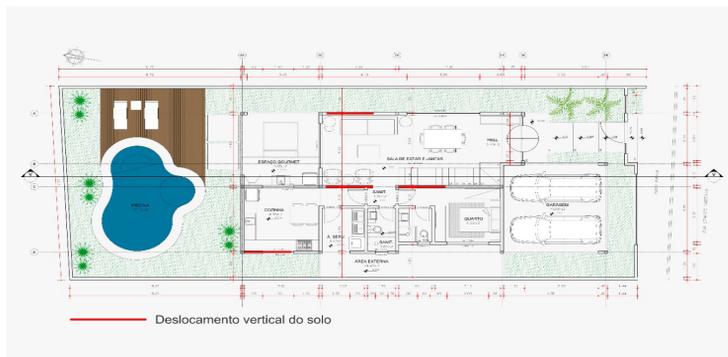
A localização das fissuras e deformações no piso são mostradas na Figura 7. Pode-se perceber a correlação entre a localização dos afundamentos do piso e a localização das fissuras bem como as fissuras na região sob o reservatório (banheiros).

Figura 6 - Destacamento da alvenaria devido o deslocamento vertical do solo na área interna (a, b e c) e na área externa da edificação (e); Recalque na base dos elementos estruturais (d e f); e problemas associados a falta de impermeabilização da alvenaria (g)

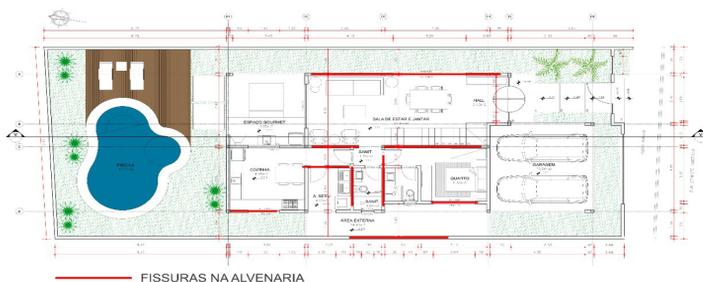


Fonte: Autores (2019).

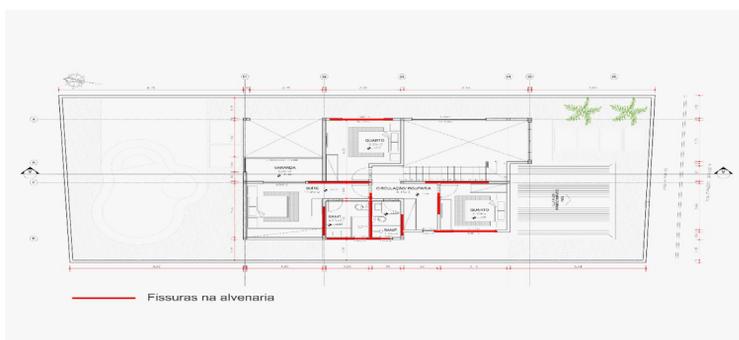
Figura 7 - Localização de (a) deslocamentos verticais do solo; e de fissuras da alvenaria (b) no térreo e (c) no primeiro pavimento



(a)



(b)



(c)

Fonte: Autores (2019).

Por fim, também foi possível identificar problema de umidade ascensional nos pés das paredes de vedação, com sucessivo descolamento de pintura e leve desagregação do revestimento (Figura 6). A partir da janela de inspeção foi possível perceber a inexistência de uma manta de impermeabilização na fundação. Qualquer outro tipo de solução utilizada e que não tenha sido apontada no processo de anamnese também não se mostrou eficiente. A Tabela 2 apresenta a síntese do quadro fissuratório encontrado.

Tabela 2 - Relação entre fissuras e danos associados na edificação.

Fissuras na edificação			
Dimensão (mm)	Localização na edificação	Quantidade	Intensidade dos danos
1	Porta exterior quintal	2	Leve
0,3 a 1	Muro da fachada Leste	5	Leve
0,3 a 1	Muro da Fachada Oeste	7	Leve
0,3 a 1	Muro da Fachada Sul	2	Leve
3	Área de Serviço	1	Moderada a Severa
1,5	Porta da área de serviço	1	Leve a moderada
2,5	Porta da cozinha	1	Moderada a severa
1	Porta do quarto térreo	2	Leve
0,3 a 1	Parede do quarto	1	Leve
0,3 a 1	Janela do quarto térreo	1	Leve
0,3 a 1	Escada	1	Leve
0,3 a 1	Painel de vidro sala	2	Leve
0,3 a 1	Portas dos quartos superiores	6	Leve
5	Banheiro Superior	2	Severa a muito severa
3	Banheiro Suíte	2	Moderada a severa
1,5	Porta banheiro suíte	1	Leve a moderada
0,3 a 1	Parede suíte	1	Leve
0,3 a 1	Circulação superior	3	Leve
0,3 a 1	Quarto	2	Leve

Fonte: Autores (2019).

Segundo o construtor da edificação todos os pilares da edificação apresentam as mesmas dimensões 9x25 cm, que totaliza uma área da seção transversal de 225 cm². Essas dimensões não estão de acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014), que determina que a área transversal mínima para a seção dos pilares seja de 360 cm². Pilares de seções muito reduzidas podem sofrer deformações elevadas e provocar fissuras na alvenaria de vedação, especialmente nos pontos de concentração de tensões como os cantos das aberturas. Isso pode ter contribuído para a menor rigidez da estrutura e para o número de fissuras encontrados, especialmente na região onde se localiza o reservatório superior.

A partir da inspeção realizada foi possível encontrar muitas anomalias que apontam para um possível problema relacionado ao aterro sobre o qual a residência foi edificada. Muito possivelmente o aterro não recebeu a compactação adequada, deixando o solo da base com uma baixa capacidade de suporte.

Além disso a carga da edificação associada com a carga de aterro também pode ter promovido deformações do solo, gerando recalques na estrutura e o consequente quadro fissuratório. Associado a isso, os elementos estruturais verticais com seções transversais inferiores aos valores normativos também podem ter sofrido deformações excessivas contribuindo para a intensificação do problema.

Nesse contexto, é sempre necessário que seja feita uma investigação geotécnica, para então se ter noção da condição, capacidade de suporte do solo, presença e comportamento do aterro, e, a partir daí projetar uma solução de fundação adequada para que não ocorram recalques excessivos. Poder-se-ia, por exemplo, detectar a presença do aterro em situações em que se desconhece o histórico do local, além de reconhecer condições do terreno natural sob a base do aterro. Ademais, lançar mão de um projeto estrutural é essencial. Avaliando em função da lei de Sitter (ou lei da evolução dos custos ou regra dos 5) (HELENE, 1992) em que os custos de intervenção crescem em função do tempo e segundo uma progressão geométrica de razão cinco, a presença dos

itens acima na fase de projeto levaria a uma redução considerável nos custos. Podendo-se, dessa forma, afirmar que os custos relacionados à recuperação e manutenção dessa edificação certamente serão superiores ao de uma investigação e adequada execução.

Conclusão

O presente estudo de caso, do ponto de vista da formação profissional do discente foi de grande importância pois mostrou na prática os problemas e as consequências da falta de engenharia na Construção Civil. Quaisquer tipos de edificações estão vulneráveis a sofrer manifestações patológicas, que podem originar-se por uma série de fatores e em qualquer etapa, desde a sua execução até ao longo da sua vida útil. Entre eles podem ser citados; má execução, falta de investigação geotécnica, ausência de projetos bem articulados, entre outros.

A importância do atendimento às normas garante uma maior durabilidade, melhor desempenho mecânico, assegurando níveis de desempenho satisfatório para os elementos que compõe uma edificação. A falta de investigação geotécnica, como também de elaboração de projetos estruturais, foram fatores que culminaram para que viessem surgir problemas mesmo no caso da edificação estudada com menos de três anos de construída.

Construções executadas sobre aterros devem ser analisadas com mais cautela, pois a sua presença e capacidade de suporte depende muito do processo executivo do terrapleno. Sendo assim, a melhor solução para garantir que essas falhas não venham ocorrer recorrentemente, e que os custos da obra não aumentem, é realizar todo planejamento da edificação, elaborando todos os projetos necessários, garantindo um desempenho satisfatório de todo empreendimento.

Referências

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT, NBR 6122** – Projeto e Execução de Fundações. Rio de Janeiro, 2019.

HELENE, P. R. L. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. 2ª ed. São Paulo: Pini, 1992.

MARCELLI, M. **Sinistros na construção civil: Causas e soluções para danos e prejuízos em obras**. 1ª ed. São Paulo: Pini, 2007. 260p.

MILITITSKY, J.; CONSOLI, C.; SCHNAID, F. **Patologia das fundações**. 2ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

REBELLO, Y. C. P. **Fundações: guia prático de projeto, execução e dimensionamento**. 4. ed. São Paulo: Zigueate, 2008.

SOUZA, V. C. D.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1998.

THOMAZ, E. **Trincas em Edifícios, Causas, Prevenção e Recuperação**. 1. ed. São Paulo: PINI, 1989.

TUTIKIAN, B; PACHECO; M. **Inspección, Diagnóstico y Prognóstico en la Construcción Civil**. Boletín Técnico. Revista Alconpat. Mérida, México, 2013.

VELLOSO, D. A.; LOPES, D. R. **Fundações**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, v. I, 2011.

Capacidade de carga em ensaio de placa modificado

*Jean Jacson de Jesus Santos
José Humberto Teixeira Santos
Mario Sergio de Souza Almeida
Gustavo Rodrigues Vieira
Weiner Gustavo Silva Costa*

Introdução

Em meio aos avanços tecnológicos na construção civil, seja por meio da aplicação de novas técnicas construtivas ou através de novos métodos de cálculo, o desenvolvimento e aplicação de ensaios específicos para a determinação de parâmetros do comportamento e da capacidade de carga do solo, juntamente com o estudo de recalques de fundações, tem crescido bastante. Para o dimensionamento de fundações superficiais o profissional necessita de parâmetros do solo que norteiam o processo de cálculo. Parâmetros como a capacidade de carga e os recalques do solo sob efeito das cargas da estrutura são essenciais e podem ser obtidos através de investigações realizadas em campo ou laboratório.

De acordo com Russi (2007) um dos melhores métodos para a determinação das características de deformação do solo é o ensaio de placa, pois este representa o comportamento da futura fundação superficial em escala reduzida, através de curvas tensão-recalque. Barata (1984) menciona que o ensaio de placa é o mais antigo teste *in situ*. O autor menciona ainda o professor Domingos José da Silva Cunha que na década de 1920 publicou um dos mais antigos trabalhos sobre o assunto.

De acordo com Décourt e Quaresma (1996) *apud* Hachich *et al.* (1998) o ensaio de placa é a forma mais adequada de determinar as

curvas características tensão-recalque de uma fundação. É importante salientar que o ensaio de placa é aplicável para solos razoavelmente uniformes em profundidade, pois o bulbo mobilizado pela placa é bem menor que o bulbo gerado pela sapata (CINTRA *et al.*, 2011). Se o bulbo de pressões da placa e da sapata estiverem inseridos em solos com mesmas características de deformabilidade, o resultado da prova de carga pode ser considerado equivalente ao de uma fundação real (ALONSO, 2010). Desse modo, é indispensável o conhecimento do perfil geotécnico do terreno para evitar interpretações equivocadas.

O ensaio de placa permite a determinação do módulo de elasticidade ou deformabilidade do solo, com a ressalva de que esse parâmetro varia significativamente com o nível de deformação (ou de tensão) considerado. Por meio do ensaio de placa é possível determinar, ainda, o coeficiente de reação vertical do subsolo que é a inclinação do trecho inicial (trecho considerado elástico) da curva tensão-recalque. Com esses resultados devidamente modelados pode-se estimar os recalques de uma sapata de fundação (protótipo) (HACHICH *et al.*, 1998).

Nesse contexto, o presente trabalho teve por objetivo determinar a capacidade de carga de um solo em Cruz das Almas – BA com um sistema de reação e transmissão de cargas para avaliação do comportamento tensão-recalque de fundações superficiais por meio de ensaios de placa em dimensões reduzidas, e avaliar o comportamento tensão-recalque dos ensaios de campo utilizando métodos de extrapolação de Chin (1970) e Van der Veen (1953).

Material e Métodos

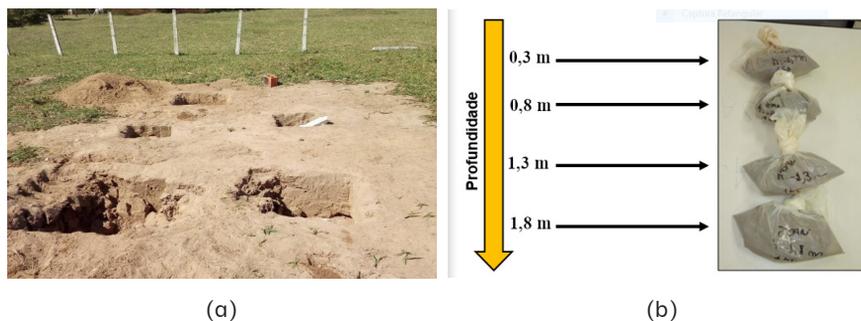
Em virtude da logística da pesquisa a mesma foi dividida em duas etapas. Uma experimental, que compreendeu a construção de um sistema de prova de carga em placa, os ensaios de caracterização geotécnica e os ensaios de placa para a avaliação do comportamento tensão-recalque e a outra etapa analítica, com a interpretação dos resultados obtidos.

Foi definida uma área experimental do Pavilhão de Laboratórios de Engenharia da UFRB, com dimensões de aproximadamente 4 x 4 m. Na etapa experimental desta pesquisa, foram contemplados os ensaios de caracterização geotécnica do perfil de solo nessa área bem como a realização de provas de carga em placa.

Caracterização geotécnica

Para caracterização do perfil do subsolo da área experimental foi executado uma sondagem à trado, em um ponto aleatoriamente definido, com coleta de amostras deformadas de solo nas profundidades de 0,3 m, 0,8 m, 1,3 m, e 1,8 m. Conforme mostra a Figura 1, nesta sondagem foram obtidas 4 amostras distintas, as quais foram levadas ao laboratório para caracterização física. Admitiu-se essas amostras como representativas do local da área analisada na presente pesquisa.

Figura 1 - (a) Área experimental com as cavas perfuradas para realização das provas de carga e (b) amostras do solo extraídas do furo de sondagem com trado em um ponto no local.



Fonte: Autores (2020).

No momento da sondagem foram separadas e pesadas amostras para cada uma das quatro camadas conforme a NBR 6457 (ABNT, 2016a). Os ensaios de granulometria foram realizados de acordo com a NBR 7181 (ABNT, 2016d). Os ensaios de limites de consistência foram realizados de acordo com a NBR 6459 (ABNT, 2016b) e NBR 7180 (ABNT, 2016c), para a determinação dos limites de liquidez e de plasticidade,

respectivamente. Para os ensaios para determinação da densidade real dos grãos seguiu-se as recomendações da norma DNER-ME 93 (DNER, 1994).

Ensaio de placa

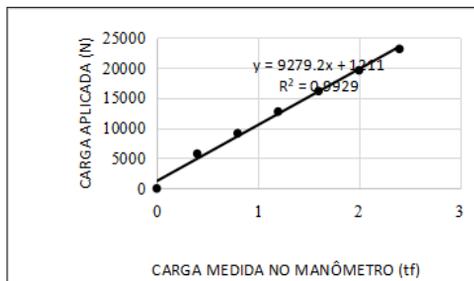
Foram executados quatro ensaios de prova de carga direta no solo natural, sendo um na profundidade de 0,30 m e três na profundidade de 0,60 m. Essas cotas foram adotadas em função de restrições técnicas e econômicas, pois profundidades superiores à 0,60 m demandariam uma quantidade maior de tempo, movimento de terra, disponibilidade de máquinas e, principalmente, um sistema de reação mais robusto capaz de alcançar o fundo da escavação.

Para realização das provas de carga foi montado um conjunto de equipamentos composto por três sistemas básicos:

a) Sistema de carregamento

Foi utilizado um macaco hidráulico com capacidade de 10 t, com adaptação de um manômetro que em contato com o fluido (óleo) do equipamento foi possível realizar leituras de pressão sempre que o macaco é solicitado. A curva de calibração do equipamento foi determinada com auxílio da prensa Máquina Universal Times Group, do laboratório de Materiais de Construção da UFRB, conforme apresentado na Figura 2.

Figura 2 - Curva de calibração.



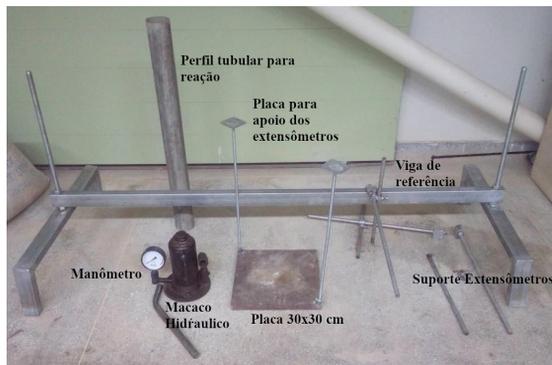
Fonte: Autores (2020).

Foi confeccionada uma placa quadrada de aço, com dimensões de 0,30 x 0,30 m e espessura de 1 polegada, de forma a garantir rigidez suficiente para que a carga aplicada fosse distribuída uniformemente ao solo. A NBR 6489 (ABNT, 1984) exige uma placa com seção de pelo menos 0,5 m², o equivalente a uma placa circular de 0,80 m de diâmetro. Essa dimensão exigiria um sistema de reação de grande porte, suficiente para atingir a ruptura e níveis de recalques na placa recomendada pela norma, motivo pelo qual optou-se por trabalhar com uma placa de dimensões reduzidas e assim viabilizar o uso do sistema de reação disponível sem a necessidade de investir recursos financeiros para construção de um sistema mais robusto, composto por tirantes ou estacas e vigas de reação. Ressalta-se entretanto, que essa norma estava em processo de revisão durante a realização desse trabalho sendo publicada posteriormente (ABNT, 2019), e um dos pontos acrescentados foi justamente a possibilidade de utilização de placas com menores dimensões (mínimo 30 cm).

b) Sistema de leitura

Foi construído um sistema de referência, constituído de um perfil metálico retangular de seção 70x30 mm de 1,6 m funcionando com uma viga biapoçada (Figura 3), posicionada na superfície do terreno, isolada de qualquer perturbação devido ao sistema de reação e de qualquer outro tipo de perturbação provocada pelo meio externo ao ensaio. Esse sistema serviu de suporte para a fixação dos extensômetros para leitura dos recalques. Foram utilizados dois extensômetros com resolução de 0,01 mm e curso máximo de 30 mm, fixados na viga de referência e que fizeram leituras de recalque nas extremidades opostas da placa. Os extensômetros foram fixos em suportes na viga. Além disso, foram construídos dois dispositivos de prolongamento na placa para facilitar a leitura do operador, mostrados na Figura 3 e melhor visualizados no equipamento montado na Figura 4.

Figura 3 – Equipamento de prova de carga em placa.



Fonte: Autores (2020).

c) Sistema de reação

Para reação foi utilizado um trator agrícola New Holland, modelo 7630, cedido pela Fazenda Experimental da UFRB, onde a carga máxima aplicada possível foi da ordem de 4 t. O macaco foi colocado sob o centro do eixo traseiro.

O ensaio montado está apresentado na Figura 4, com destaque para a placa apoiada no terreno, o perfil tubular de transmissão da carga, os extensômetros no prolongamento da placa e o macaco com o manômetro para leitura das cargas e o trator.

Figura 4 – Execução do ensaio.



Fonte: Autores (2020).

O ensaio foi realizado baseando-se na NBR 6489 (ABNT, 1984), com as adaptações já enunciadas. A carga foi aplicada em estágios sucessivos, com incrementos padronizados, os quais o caracteriza como ensaio lento.

Em cada estágio de carga os recalques foram lidos nos tempos de 1, 2, 4, 8, 15, 30, 60 min, e assim sucessivamente, até o atingimento da estabilização dos recalques. Um novo acréscimo de carga só foi aplicado após verificação que entre as leituras n e $n-1$ a diferença entre leituras não ultrapassava 5% da diferença anterior.

Também foi realizado um ensaio a deformação constante, a uma taxa de 0,5 mm/min (FELLENIIUS, 1980 *apud* MENEGOTTO, 2004), classificada no presente estudo como ensaio rápido.

Quando a carga aplicada não foi suficiente para gerar um recalque de 25 mm ou a ruptura por punção do solo, recorreu-se a métodos analíticos para extrapolação das curvas.

Logo após a finalização de cada ensaio de placa foram coletadas amostras do solo na superfície do terreno, no contato com a placa, para a identificação da umidade em que se encontrava o solo no momento da execução do ensaio.

Etapa analítica

Nessa etapa avaliou-se os dados obtidos das curvas tensão-recalque de cada ensaio realizado considerando o uso de métodos de extrapolação curvas carga-recalque em provas de carga estática em fundações profundas. Foram utilizados os métodos de Van de Veen (1953) e o de Chin (1970) (*apud* HACHICH *et al.*, 1998).

Os dois métodos de extrapolação foram adotados por serem bastante utilizados na prática em função da facilidade de obtenção dos dados. O método de Van der Veen propõe que a curva carga x recalque pode ser representada nos casos de ruptura do tipo física, conforme a Equação 1.

$$P = P_r (1 - e^{-\alpha \cdot r})$$

onde:

Equação 1

P: Carga aplicada ao solo

r: Recalque provocado por uma determinada Carga P

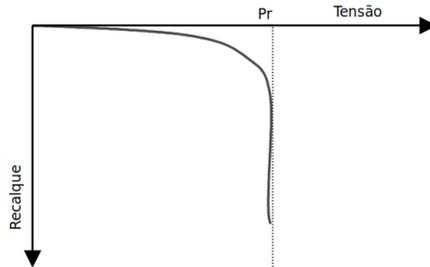
P_r : Carga de ruptura

α : Coeficiente que depende da forma da curva

A curva, definida pela Equação 1 é assintótica a uma reta vertical passando por P_r , que caracteriza a carga/tensão de ruptura (Figura 5).

O processo de análise consiste em arbitrar valores de P_r e verificar qual valor resulta em uma reta quando plotada num gráfico de abscissa $\ln(1-P/P_r)$ e ordenada recalques. A capacidade de carga será o valor que corresponder a uma reta com coeficiente de determinação (R^2) aproximadamente igual a 1,0.

Figura 5 - Curva carga recalque de ruptura física.



Fonte: adaptado de Russi (2007).

De acordo com Hachich *et al.* (1998) o método de Chin, foi desenvolvido para estágios de carga com intervalos de tempo constantes, baseando-se na teoria cuja curva tensão-recalque representa a ruptura convencional, que se aproxima de uma hipérbole apresentada na Equação 2.

$$P = \frac{r}{a + b \cdot r}$$

Equação 2

Onde:

P: Carga aplicada ao solo

r: recalque provocado pela aplicação da carga P.

a: interseção da reta com o eixo das ordenadas (r/P)

b: coeficiente angular da reta

O procedimento consiste em traçar um gráfico r/P versus r , onde a carga de ruptura P_r corresponde ao limite da Equação 2 quando r tende ao infinito, ou seja, $P_r = 1/b$.

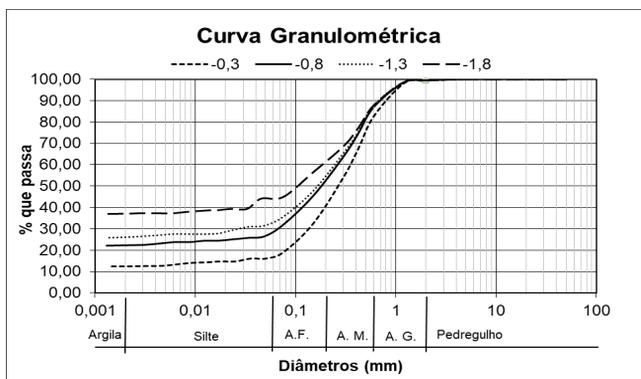
Resultados e discussões

Na Tabela 1 apresenta-se um resumo dos resultados dos ensaios de caracterização geotécnica realizados nas amostras provenientes da sondagem a trado. As curvas granulométricas das amostras coletadas nas diferentes profundidades do perfil estão apresentadas na Figura 6.

Observa-se na Figura 6 e na Tabela 1, que há uma predominância da fração areia e um aumento do teor de argila com a profundidade. Na Tabela 1, o limite de liquidez em todo o perfil variou entre 21 e 27 %, o limite de plasticidade variou de 16 a 21 %, o índice de plasticidade variou entre NP (não plástico) e 6 % mostrando leve tendência de aumento com a profundidade. A densidade real dos grãos variou de 2,55 a 2,57.

Esse perfil predominantemente arenoso e relativamente heterogêneo deve influenciar no comportamento de deformabilidade do terreno principalmente para diferentes dimensões da placa, já que o bulbo de tensões é função da mesma (CINTRA *et al.*, 2011).

Figura 6 - Granulometria do solo nas diferentes profundidades estudadas.



Fonte: Autores (2020).

Tabela 1 - Resumo da caracterização física do solo no ponto de estudo.

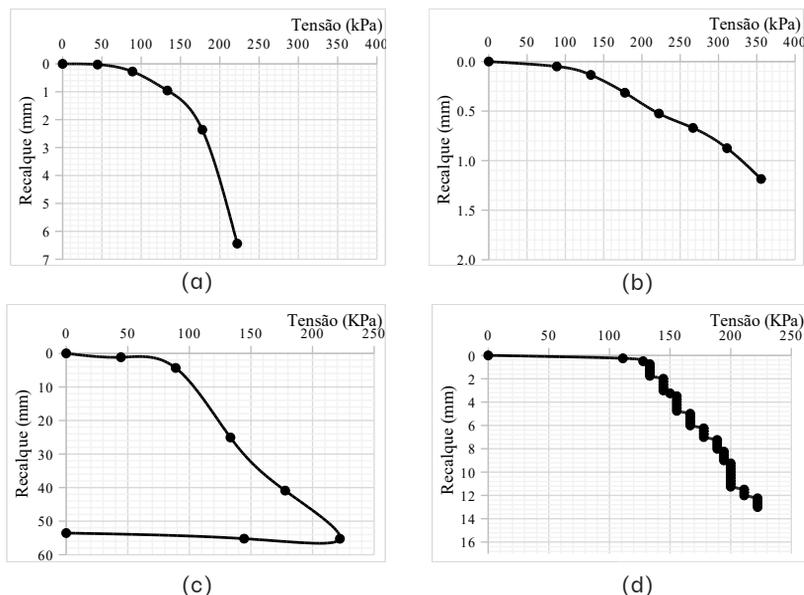
z (m)	Classificação Granulométrica da ABNT						Lim. de Consistência			Densidade real	Classificação SUCS
	Argila (%)		Areia (%)			Pedregulho (%)	LL	LP	IP		
	(%)	(%)	Fina	Média	Grossa	(%)					
0 - 0,3	12,5	3,6	24,4	42,2	16,6	0,6	-	-	NP	2,57	SM
0,3 - 0,8	22,2	5,5	23,5	35,7	12,6	0,5	21	16	5	2,56	SC-SM
0,8 - 1,3	25,9	6,6	20,9	34,5	11,8	0,4	21	16	5	2,57	SC-SM
1,3 - 1,8	36,9	6,5	17,0	27,6	11,7	0,3	27	21	6	2,55	SC-SM

Fonte: Autores (2020).

Na Figura 7, apresenta-se os resultados das provas de carga realizadas no local. No gráfico da Figura 7(a) são apresentados os resultados do ensaio na profundidade de assentamento da placa a 0,30 m, enquanto os resultados da profundidade de assentamento da placa de 0,60 m, estão na Figura 7 (b), (c) e (d). As Figuras 7(b) e (c) apresentam resultados do ensaio lento e a Figura 7(d) mostra resultados do ensaio rápido com uma taxa de penetração de 0,5 mm/min. Na Tabela 2 são apresentados os valores de tensão na ruptura obtidas das extrapolações.

No ensaio 1 (Figura 7(a)) pode-se ver uma tendência de ruptura nítida com tensão na ruptura por volta de 230 kPa. Com exceção do ensaio 2, onde não foi possível atingir tensões próximas da ruptura, para os demais ensaios a curva se aproxima mais de uma ruptura do tipo convencional (CINTRA et al., 2011).

Figura 7 – Resultados do ensaio 1, realizado no dia 25/10/2019 na profundidade 0,3 m (a); do ensaio 2, realizado no dia 21/11/2019 na profundidade 0,6 m (b); do ensaio 3 (lento), realizado no dia 03/12/2019 na profundidade 0,6 m (c); do ensaio 4 (rápido), realizado no dia 03/12/2019 na profundidade 0,6 m (d).



Fonte: Autores (2020).

A extrapolação dos resultados da Figura 7 com a aplicação dos métodos propostos por Chin (1970) e Van der Veen (1953) permitiu a obtenção das curvas apresentadas na Figura 8. Pode-se observar que a extrapolação da curva com os respectivos métodos apresenta bom ajuste dos resultados experimentais realizados nas profundidades de 0,30 m e 0,60 m em condições de umidades mais baixas (ensaios 1 e 2 na Tabela 2).

Para os ensaios 3 (lento) e 4 (rápido) o melhor ajuste à curva do ensaio foi pelo modelo proposto por Chin (1970). Esse fato é explicado pois o método de Van der Veen (1953) foi proposto para casos de ruptura do tipo física, enquanto o método de Chin (1970) foi proposto para rupturas do tipo convencional.

Os valores das tensões de ruptura para cada ensaio são apresentados na Tabela 2, obtidos pelos métodos de extrapolação de Chin

(1970) e Van der Veen (1953). Pode ser observado da Tabela 2, avaliando-se a tensão de ruptura, que nos ensaios 1 e 2 a tensão de ruptura da extrapolação pelo método de Van der Veen apresentou valores mais conservadores. Para os ensaios 3 e 4 os valores obtidos são exagerados em se comparando com o comportamento real, com exceção do valor determinado pelo método de Chin para o ensaio 4 (rápido) de 250 kPa.

Tabela 2 - Tensões de ruptura obtidas por extrapolação.

Data	Tipo de ensaio	Cota (m)	σ_r (kPa)		Umidade solo (%)
			Chin	Van der Veen	
Ensaio 1	LENTO	-0,3	256	223	2.80
Ensaio 2	LENTO	-0,6	625	495	1.61
Ensaio 3	LENTO	-0,6	500	450	7.47
Ensaio 4	RÁPIDO	-0,6	250	489	7.15

Fonte: Autores (2020).

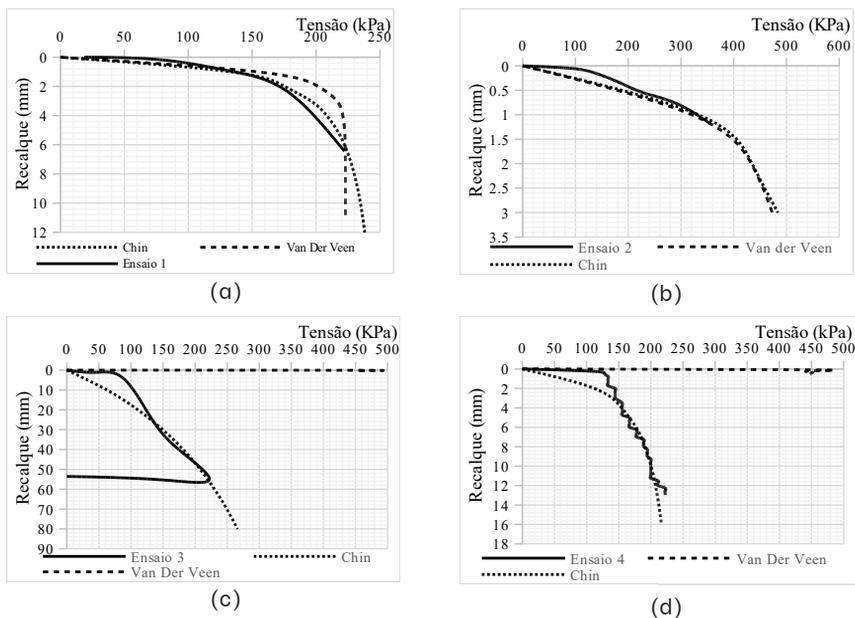
Na Tabela 3, são apresentados valores de recalque para uma tensão de 200 kPa determinado a partir das curvas dos ensaios em comparação com o valor obtido nas curvas extrapoladas por Chin (1970) e Van der Veen (1953). Pode-se perceber a maior aproximação do método de Chin (1970) para as curvas dos ensaios, tanto para o ensaio a carregamento lento quanto para o ensaio rápido.

Tabela 3 - Comparação entre os métodos para uma tensão.

Data	Tipo de ensaio	Cota (m)	σ_r (kPa)	Recalque (mm)			Umidade solo (%)
				Ensaio	Chin	Van der Veen	
Ensaio 2	LENTO	-0,6	200,00	0,45	0,41	0,5	1,61
Ensaio 3	LENTO	-0,6	200,00	47,5	46,87	0,01	7,47
Ensaio 4	RÁPIDO	-0,6	200,00	11,25	9,90	0,01	7,15

Fonte: Autores (2020).

Figura 8 – Curva do ensaio 1 e curvas extrapoladas (a); Curva do ensaio 2 e curvas extrapoladas (b); Curva do ensaio 3 e curvas extrapoladas (c); Curva do ensaio 4 e curvas extrapoladas (d).



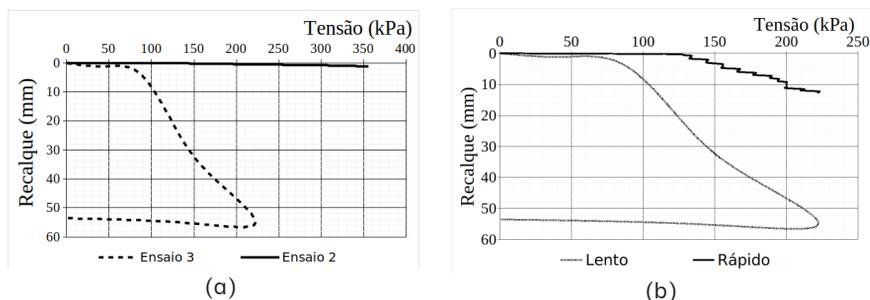
Fonte: Autores (2020).

A principal diferença entre os ensaios 2 e 3 que levou a divergência entre os resultados desses ensaios foi a umidade do terreno no dia do ensaio. Esse último ensaio foi realizado após chuvas no local o que elevou o teor de umidade reduzindo a sucção no terreno e consequentemente alterando o comportamento mecânico do solo no local. Desse fato pode-se comprovar a necessidade de maior embutimento de sapatas já que a pequenas profundidades a influência direta da umidade pode ser maior e levar à ocorrência de patologias na edificação por recalques excessivos. Tal fato pode ser comprovado na Figura 9(a). Além disso, sabe-se da influência da profundidade de embutimento na tensão resistente do solo (CINTRA *et al.*, 2011).

Menegotto (2004) afirma que a utilização de métodos de ensaio rápido, pode ser justificado pelo menor custo, pelo fato de o ensaio ser completado em um dia. Entretanto, a velocidade de carregamento

pode mascarar a capacidade de carga e de rigidez dos solos e, ainda, os ensaios realizados com métodos diferentes devem ser avaliados cuidadosamente na previsão de comportamento de obras. Fundações reais são submetidas a carregamentos lentos e duradouros, enquanto nos ensaios a ruptura é atingida em poucas horas. Altas velocidades de carregamento normalmente implicam em capacidade de carga e rigidez mais altas. A Figura 9(b) apresenta a variação da capacidade de carga proposta.

Figura 9 - Influência da variação da umidade entre os ensaios 2 e 3 (a) e da variação do tipo de carregamento (b).



Fonte: Autores (2020).

Conclusão

Neste trabalho avaliou-se a capacidade de carga de fundação direta em um solo de Cruz das Almas com um sistema de reação desenvolvido no laboratório de Solos e Fundações da UFRB para a pesquisa. Foi possível atingir resultados positivos após avaliação das curvas tensão recalque, contribuindo com os estudos iniciais para determinação da capacidade de carga para projetos em Cruz das Almas-BA.

No que diz respeito ao comportamento das curvas obtidas pelos ensaios de prova de carga em placa, as curvas tensão-recalque apresentaram uma variação de recalques devido a influência da umidade presente no solo. Os efeitos da sucção levaram a diferenças significativas no comportamento de deformabilidade dos solos.

Também foi possível comparar para a mesma cota de assentamento da placa a variação do comportamento em função do tipo de carregamento. Nesse sentido, o ensaio lento adaptado da NBR 6489 (ABNT, 1984) representa melhor o comportamento do carregamento da sapata. Apesar de mais prático, o ensaio rápido que foi realizado em caráter de teste, mostrou que para o mesmo valor de carga os recalques medidos foram inferiores. A desvantagem desse método além de recalques inferiores é a necessidade de utilização de equipamentos especiais, com um sistema hidráulico mais sensível e mais fácil de se controlar.

Não houve ruptura do tipo nítida nas provas de carga, a que mais se aproximou dessa condição foram nos ensaios realizados com o solo numa condição de umidade menor. Foram obtidos melhores ajustes de extrapolação apresentados com a utilização do método de Chin. Para o método de Van der Veen que é utilizado para ruptura física, o mesmo não representou satisfatoriamente a curva de extrapolação.

Outra análise muito interessante que foi possível fazer nessa pesquisa é que em fundações muito próximas à superfície a variação de umidade do solo pode gerar problemas na estrutura, provocando patologias na edificação. Seja em relação a deformações ou à capacidade de carga, problemas podem ser minimizados com um maior embutimento do elemento de fundação.

Referências

Alonso, U. R. **Exercícios de fundações**. 2 ed. São Paulo: Blucher, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT, NBR 6489**. Prova de carga direta sobre terreno de fundação. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT, NBR 6489**. Solo – Prova de carga estática em fundação direta. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT NBR 6457**. Amostra de solo – preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, 2016a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS –**ABNT NBR 6459**. Solo –determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 2016b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS –**ABNT NBR 7180**. Solo – determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 2016c.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS –**ABNT NBR 7181**. Solo – análise granulométrica. Rio de Janeiro, 2016d.

BARATA, F. E. **Propriedades mecânicas dos solos**: uma introdução ao projeto de fundações. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos S.A., 1984.

CINTRA, J. C. A.; Aoki, N.; Albiero, J. H. **Fundações diretas**: Projeto geotécnico. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – **DNER, ME 93**: Solo – Determinação da Densidade Real. Rio de Janeiro, 1994.

HACHICH, W.; FALCONI, F. F.; SAES, J. L.; FROTA, R. G. Q.; CARVALHO, C. S.; NIYAMA, S. **Fundações: Teoria e Prática**. 2 ed. Paulo: Pini, 1998.

Menegotto, M. L. **Previsão da curva tensão-recalque de ensaios de placa em solo não saturado**. Tese Doutorado em Geotecnia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

RUSSI, D. **Estudo do comportamento de solos através de ensaio de placa de diferentes diâmetros**. Dissertação Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

VELLOSO, D. DE A.; LOPES, F. de R. **Fundações**: critérios de projeto, investigação do subsolo, fundações superficiais. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

Autores

Alan Jones Brito dos Santos

Bacharel em Ciências Exatas e tecnológicas e em Engenharia Civil, pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, onde participou do grupo de pesquisa GPETT (Grupo de Pesquisa em Transportes e Tráfegos), realizando seu trabalho de conclusão de curso baseado nos conhecimentos adquiridos.

E-mail: alanjones531@gmail.com

Alexandra Cruz Passuello

Bacharel e Mestre em Engenharia Civil pela UFRGS/Brasil e Doutora em Engenharia de Materiais, Águas e Terrenos pela UNIVPM/Itália. É docente do curso de Engenharia Civil da UFRB e atualmente atua em pesquisas nas áreas de Patologia das Construções e Riscos do Ambiente Construído. Líder do Grupo de Pesquisa GP-POSAC.

E-mail: passuello@ufrb.edu.br

Anaxsandra da Costa Lima Duarte

Engenheira Civil pela UFRN (2006), com mestrado em Engenharia Sanitária na mesma universidade (2008). Desde 2009 é professora de Saneamento Ambiental e Tratamento de Resíduos Sólidos nos cursos de Engenharia Civil e Engenharia Sanitária e Ambiental, respectivamente, na UFRB.

E-mail: anaxsandra@ufrb.edu.br

André Iuri Sena de Carvalho

Engenheiro Civil, graduado pela UFRB (2019). Possui Bacharelado em Ciências Exatas e Tecnológicas também pela UFRB. Atualmente é gerente de usina de concreto, no município de Salvador.

E-mail: andreyuri_28@hotmail.com

Bruna Souza Rosa

Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Graduada em Bacharel em Ciências Exatas e Tecnológicas pela mesma instituição. Atualmente Bolsista FAPESB de Ini-

ciação Científica do Projeto Aplicação de Metodologias de Vistorias de Edificações Históricas com Uso de VANTs.

E-mail: brunarosa94@hotmail.com

Danilo Gomes Vitória

Estudante do sexto semestre do Bacharelado em Ciências Exatas e Tecnológicas na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. É bolsista do programa de iniciação científica.

E-mail: danilovitoria12@hotmail.com

Edison Góes de Araújo Neto

Possui graduação em Ciências Exatas e Tecnológicas pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (2016) e graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (2018).

E-mail: edisongoesneto@gmail.com

Felipe Freitas Santos de Jesus

Engenheiro Civil, graduado pela UFRB (2018). Possui Bacharelado em Ciências Exatas e Tecnológicas também pela UFRB. Atualmente é mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), com área de concentração em Geotecnia.

E-mail: felipe.fsj30@gmail.com

Gustavo Rodrigues Vieira

Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Bacharel em Ciências Exatas e Tecnológicas pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB (2018). Técnico em Agropecuária pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano - IF Baiano (2014). Membro do Grupo de Pesquisa Geotecnia e Sistemas Viários (GPGSV) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB).

E-mail: rodriguesvieira1@gmail.com

Iago Amorim Guilhermino de Jesus

Bacharel em Ciências Exatas e Tecnológicas e Bacharel em Engenharia Civil pela UFRB - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

E-mail: yagoguilhermino10@gmail.com

Iasmin Negrão Santos Pita

Bacharela em Ciências Exatas e Tecnológicas (UFRB). Discente do curso de Engenharia Civil (UFRB), onde participa de diversos projetos, dos quais se destaca as pesquisas com ênfase em Conservação, Restauração, Patrimônio e Identidade, pelo Grupo de Pesquisa GP-POSAC. E-mail: iasminpita@hotmail.com

Ivanoé João Rodowski

Professor efetivo da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia lotado no Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas membro da área de conhecimento de sistemas mecânicos, possui graduação, mestrado e doutorado em mecatrônica, com experiência na área de modelagem 3D, impressão 3D, automação, robótica e instrumentação.

E-mail: ivanoe@ufrb.edu.br

Jean Jacson de Jesus Santos

Bacharel em Ciências Exatas e Tecnológicas e Graduado em Engenharia Civil pela UFRB (Universidade Federal do Recôncavo da Bahia). Pós-graduando em Gestão de Projetos.

E-mail: jeanjacson@gmail.com

José Humberto Teixeira Santos

Possui Graduação, Mestrado e Doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa. Atualmente é Professor Associado II da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Tem experiência na área de Engenharia Agrícola, com ênfase em Construções Rurais.

E-mail: jhtsantos@yahoo.com.br

José Ricardo Gonçalves Magalhães

Professor Adjunto da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia com graduação em Geologia (2013) pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), mestrado (2015) e doutorado (2019) em Geociências pela UFPE. Atua na área de Geotecnologias aplicada aos estudos de bacias sedimentares e meio ambiente.

E-mail: jose.magalhaes@ufrb.edu.br

Marcos Couto Correia

Engenheiro Civil, graduado pela UFRB (2018). Possui Bacharelado em Ciências Exatas e Tecnológicas também pela UFRB. Atualmente é

pós-graduando em Engenharia Rodoviária pelo Instituto de Qualificação Profissional (iQuali) e Responsável Técnico do Serviço Autônomo de Água e Esgoto - SAAE/Taperoá.

E-mail: marcos_ccorreia@hotmail.com

Maria da Graça Andrade Dias

Professora Adjunta da UFRB. Possui Bacharelado, Mestrado (UFBA), Doutorado e Pós-doutorado (UFMG) em Arquitetura e Urbanismo. Docente do curso de Engenharia Civil da UFRB, onde atua na área de expressão gráfica/geometria e em pesquisas com ênfase em Conservação, Restauração, Patrimônio e Identidade. Vice-coordenadora do Grupo de Pesquisa GP-POSAC.

E-mail: gracadias@ufrb.edu.br

Mario Sergio de Souza Almeida

Engenheiro Civil (UFV), com Doutorado pela UFBA. Atualmente é Analista em Infraestrutura de Transportes do DNIT, Instrutor do IPR/DNIT, Professor Adjunto da UFRB e Coordenador do Laboratório de Pavimentação da UFRB. Tem experiência em Infraestrutura de Transportes, atuando principalmente nos seguintes temas: Geotecnia e Pavimentação. Líder do Grupo de Pesquisa Geotecnia e Sistemas Viários (GPGSV).

E-mail: mario.almeida@ufrb.edu.br

Michelle Lima Rebouças Pereira

Bacharel em Ciências Exatas e Tecnológicas pela UFRB. Atualmente é discente do curso de Engenharia Civil da UFRB e membro do Grupo de Pesquisa GP-POSAC.

E-mail: michellelrp525@hotmail.com

Renê Medeiros de Souza

Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande. É professor Adjunto IV do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas (CETEC/UFRB), onde compõe a área de Engenharia Civil. Desenvolve pesquisas com a utilização de resíduos industriais em matrizes cimentícias, tijolos ecológicos e novas tecnologias para construção civil. E-mail: rene@ufrb.edu.br

Sérgio Santos de Jesus

Engenheiro Civil e Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela UEFS.

É professor da área de Estradas e Transportes do Curso de Engenharia Civil da UFRB. Atua em pesquisas sobre mobilidade urbana e infraestrutura de transportes. Líder do grupo de pesquisa em Transportes e Tráfego - GPETT.

E-mail: sergiojesus@ufrb.edu.br

Silvia Camargo Fernandes Miranda

Professora da EP-UFBA. Doutora em Arquitetura e Urbanismo pela FAUFBA (2014), Mestre em Engenharia Ambiental Urbana pela EP-UFBA (2010), e Graduada em Engenharia Civil pela UCSal (1992). Experiência nas áreas de Urbanismo e Engenharia de Transporte e Trânsito, com ênfase em Infraestrutura Viária, Mobilidade Inclusiva e Gestão do Território.

E-mail: smiranda@ufba.br

Tainara da Silva dos Santos

Possui graduação em Ciências Exatas e Tecnológicas- Bacharelado (2016) e Graduação em Engenharia Civil- Bacharelado (2018) - pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB).

E-mail: tainara.s.santos15@gmail.com

Vanessa Gomes Gonçalves

Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Graduada em Ciências Exatas e Tecnológicas pela mesma instituição. Atualmente é membro do Grupo de Pesquisa para Preservação e Ocupação Segura do Ambiente Construído (GP-POSAC) da UFRB. E-mail: vanessaedfgg@gmail.com

Weiner Gustavo Silva Costa

Bacharel e Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Viçosa - UFV-Brasil. É docente do curso de Engenharia Civil da UFRB e atualmente atua em pesquisas nas áreas de Mecânica dos Solos e Fundações. Vice-Líder do Grupo de Pesquisa Geotecnia e Sistemas Viários.

E-mail: weiner.ufrb@gmail.com

William da Silva Pereira

Professor e membro do NDE do curso de Engenharia Civil da Faculdade de Tecnologia de Valença - FACTIVA. Graduado em Engenharia Civil

pela UFRB, Pós-graduado em Engenharia de Estruturas de Concreto Armado. Atuou como Professor Substituto na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

E-mail: w.pereira@hotmail.com

Este livro apresenta uma compilação de nove trabalhos desenvolvidos por professores e alunos do curso de Engenharia Civil da UFRB. Apresenta diversos temas, tais como: técnicas construtivas, investigações patológicas de construção civil, materiais de construção, novas tecnologias, pavimentação e mobilidade urbana. Esta publicação tornará visível, para a comunidade acadêmica interna e ao público externo, o esforço empregado pelos docentes e discentes na produção de novos conhecimentos e ferramentas no âmbito da Engenharia Civil.

ISBN: 978-65-88622-32-2



9 786588 622322 >



Editora UFRB