

CENTRO UNIVERSITÁRIO BRASILEIRO - UNIBRA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ANA PAULA CAROLINE NASCIMENTO DA SILVA

LEANDRO CÉSAR ALVES DE SOUSA

MAYARA MENDONÇA DA SILVA

MYLENNNA KAROLINA VEREDA GOMES

RODOLFO GOMES DE LIMA

**CONCRETO CELULAR: CARACTERÍSTICAS E ADITIVOS PARA DIFERENTES
APLICAÇÕES**

RECIFE

2022

ANA PAULA CAROLINE NASCIMENTO DA SILVA
LEANDRO CÉSAR ALVES DE SOUSA
MAYARA MENDONÇA DA SILVA
MYLENNNA KAROLINA VEREDA GOMES
RODOLFO GOMES DE LIMA

**CONCRETO CELULAR: CARACTERÍSTICAS E ADITIVOS PARA DIFERENTES
APLICAÇÕES**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Disciplina TCC do Curso de Engenharia Civil do
Centro Universitário Brasileiro - UNIBRA, como parte
dos requisitos para conclusão do curso.

Orientadora: Prof. Dra. Elaine Cavalcanti Rodrigues
Vaz

RECIFE
2022

Ficha catalográfica elaborada pela
bibliotecária: Dayane Apolinário, CRB4- 2338/ O.

C744 Concreto celular: características e aditivos para diferentes aplicações / Ana Paula Caroline Nascimento da Silva [et al]. - Recife: O Autor, 2022.
44 p.

Orientador(a): Dra. Elaine Cavalcanti Rodrigues Vaz

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro Universitário Brasileiro – UNIBRA. Bacharelado em Engenharia Civil, 2022.

Inclui Referências.

1. Concreto celular. 2. Concreto leve. 3. Inovação. 4. Resistência. 5. Poros. I. Souza, Leandro César Alves de. II. Silva, Mayara Mendonça da. III. Gomes, Mylenna Karolina Vereda. IV. Lima, Rodolfo Gomes de. IV. Centro Universitário Brasileiro - UNIBRA. V. Título.

CDU: 624

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecemos a Deus que permitiu que tudo isso acontecesse, ao longo de nossas vidas, e não somente nestes anos como universitários, mas que em todos os momentos é o maior mestre que alguém pode conhecer, a esta universidade, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbramos um horizonte superior, eivado pela acendrada confiança no mérito e ética aqui presentes.

Agradecemos a todos os professores por nos proporcionou o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação do caráter e afetividade da educação no processo de formação profissional, por tanto que se dedicaram a nós, não somente por terem nos ensinados, mas por terem nos feito aprender. A palavra mestre, nunca fará justiça aos professores dedicados aos quais sem nominar terão os meus eternos agradecimentos. Aos nossos pais, Cleide Pereira Gomes, Ana Paula Nascimento da Silva, Rinaldo Jeronimo da Silva, Danyelle Vereda Conrado, Marcos José Gomes e Janeleide da Conceição Mendonça da Silva, aos nossos irmãos Rebeca Gomes dos Reis, Rafael Bento da Silva, Vanessa Mendonça da Silva e Myrelle Kamila Vereda Gomes, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

É com muita admiração e enorme respeito que viemos mostrar toda nossa gratidão a nossa orientadora Elaine Vaz, que dia após dia mostra sua dedicação e amor por esta profissão tão essencial na vida de todos.

Agradeço em especial ao Sr. Lupercio Nunes da Silva, pelo apoio financeiro durante a minha trajetória acadêmica, pois sem ele não seria possível a realização desse sonho. – Ana Paula Caroline.

Sou grata aos três príncipes da minha vida, Danilo lopes de Araujo meu amor, Dimitri nascimento Lopes e Pietro nascimento Lopes meus filhos, que nunca me recusou amor, apoio e incentivo. Obrigado, todo o amor do meu coração, por compartilhar os inúmeros momentos, sem vocês ao meu lado o trabalho não seria concluído. – Ana Paula Caroline.

Aos nossos queridos amigos, quero agradecer pelo apoio, força, amor e assistência inabalável, agradecemos à todos, nossa família, parentes e amigos que com seu incentivo nos fizeram chegar à conclusão do curso e começo de uma nova carreira.

A Deus, que nos criou e foi criativo nesta tarefa. Seu fôlego de vida em nós, e foi sustento e nos deu coragem para questionar realidades e propor sempre um novo mundo de possibilidades.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Concreto celular mostrando as bolhas de ar formadas.	16
Figura 2: Porosidade do CCA.	17
Figura 3: Bloco de CCA.....	17
Figura 4: CCE usado como núcleo no painel estrutural, com placas cimentícia e encaixes metálicos.....	18
Figura 5: Fachada Frontal.....	25
Figura 6: Fachada 45°.....	25
Figura 7: Planta do Pilotis.	26
Figura 8: Planta Pavimento.	26
Figura 9: Carga da Parede a 1200 kgf/m ³ do Software Eberick.....	27
Figura 10: Carga da Parede a 550 kgf/m ³ do Software Eberick.	28
Figura 11: BCCA Assentado e Fugado	39
Figura 12: Lixamento da Alvenaria para aplicação da Massa Corrida.....	40
Figura 13: Aplicação da 1ª Demão da Massa Corrida Crilkor.	40
Figura 14: Custo de Aço por Tipo de Vedação	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Influência do tipo de cura na resistência à compressão do BCCA.....	22
Tabela 2: Comparação das vantagens do concreto celular com o concreto tradicional.....	24
Tabela 3: Tabela BCCA Peso de Aço da Obra por Bilota (Kg).....	28
Tabela 4: Tijolo Cerâmico Peso de Aço da Obra por Bitola (Kg).	29

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

NBR	Norma Brasileira
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CCA	Concreto Celular Autoclavado
CCE	Concreto Celular Espumoso
MPa	Mega Pascal

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
2.1 Concreto	12
2.4 Concreto Celular.....	14
2.4.1 Estrutura do concreto celular	15
2.4.2 Composição do concreto celular autoclavado	16
2.4.3 Composição do concreto celular espumoso	17
2.5 Vantagens e desvantagens na utilização do concreto leve	18
2.6 Processo de produção.....	20
2.7 Métodos de cura dos concretos celulares autoclavados e espumosos.....	21
2.7.1 A cura do concreto celular autoclavado (CCA).....	21
2.7.2 A cura do concreto celular espumoso	22
3 METODOLOGIA.....	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	23
4.1 Concreto celular espumoso no aeroporto de Congonhas.....	24
4.2 Vedação em bloco de concreto celular autoclavado e alvenaria de tijolo cerâmico em unidades residenciais multifamiliares.....	24
5 CONCLUSÃO.....	30

CONCRETO CELULAR: CARACTERÍSTICAS E ADITIVOS PARA DIFERENTES APLICAÇÕES

Ana Paula Caroline Nascimento da Silva
Leandro César Alves de Sousa
Mayara Mendonça da Silva
Mylenna Karolina Vereda Gomes
Rodolfo Gomes de Lima
Elaine Cavalcanti Rodrigues Vaz¹

Resumo: Com a modernização humana, tecnológica e social, e o crescimento populacional um tanto que ainda desordenado, as construções e infraestrutura tendem a acompanhar e adaptar-se a essa situação de maneira prática, segura e eficaz tendo a necessidade de construir edifícios cada vez mais altos para atender a demanda demográfica, por isso foi desenvolvido o concreto celular, para que traga uma economia, leveza, sem comprometer a estrutura, resistência e o objetivo final da edificação. Contudo avalia-se que adicionar elementos substituindo o agregado graúdo nos materiais cimentícios torna viável a redução do peso próprio das edificações, pois reduzir a massa específica do concreto alivia o carregamento da estrutura fazendo diferença no custo final da obra, ainda assim garantindo a segurança estrutural, pois este é obtido pelo fator de eficiência.

Palavras-chaves: Concreto Celular. Concreto leve. Inovação. Resistência. Poros.

1 INTRODUÇÃO

O concreto sendo um material com grande maestria, predomina na construção civil é formado de maneira convencional por:

- Cimento Portland, um aglomerante hidráulico composto por calcário, argila e gesso que ao entrar em contato com a água forma uma pasta que endurece e adquire resistência mecânica.
- Os agregados são os materiais inertes, os quais classificam-se como miúdos e graúdos (LOPES,2017).

Como o concreto tem elevada massa específica devido aos seus componentes em especial os agregados, então foi desenvolvido um concreto com material de menor massa específica, como a argila expandida substituindo o agregado, denominando-se concreto leve.

Essa tecnologia garante menores esforços e peso próprio nas estruturas, além de promover conforto térmico, acústica, economia, custo menor e até mesmo não precisar de mão de obra especializada (JUNIOR, 2020).

A ACI 213R (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, 2003) diz que para ser um concreto leve precisa ter uma massa específica em torno de 1120 a 1920 kg/m³ de resistência à compressão superior a 17 MPa, porém para a NBR 6118, 2014 para ser estrutural precisa ter no mínimo 20 MPa de resistência.

O determinante para classificação do concreto celular, é o aditivo utilizado, por isso necessita-se melhor entendimento de sua influência para ser empregado e chegar no produto final, justificando sua aplicação e a redução de tempo numa obra de construção civil.

O objetivo da pesquisa é apresentar as características e o desempenho do concreto celular, bem como sua resistência mecânica e a vantagem de ter baixa massa específica em aplicações na construção civil.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Concreto

O concreto, assim como suas formas primitivas, foi de suma importância, na construção das civilizações, na história do mundo. Diferentes autores concordam que o concreto é o material, hoje, mais empregado no mundo, como material construtivo devido a suas principais propriedades: resistência a água e sua plasticidade, além da economia proporcionada pelo material.

De maneira sucinta, para LIMA et al. (2014):

Pode-se afirmar que o concreto é uma pedra artificial que se molda à inventividade construtiva do homem. Este foi capaz de desenvolver um material que, depois de endurecido, tem resistência similar às das rochas naturais e, quando no estado fresco, é composto plástico: possibilita sua modelagem em formas e tamanhos os mais variados.

Duas propriedades do concreto que o destacam como material construtivo são: sua resistência à água e sua plasticidade. Entretanto, existem outras vantagens: a disponibilidade abundante de seus elementos constituintes e seus baixos custos. De acordo OLIVEIRA (2014) e BIZ (2001) das principais características do concreto, o destaque maior se dar ao baixo custo e à disponibilidade do material.

OLIVEIRA (2014) descreve as características do concreto da seguinte forma:

(...)“O concreto é o material mais utilizado devido principalmente à três de suas propriedades: sua resistência à água, o que é um grande diferencial em relação ao aço, além da sua plasticidade no estado fresco, o que permite elementos estruturais de diferentes tamanhos e formas, e o baixo custo e disponibilidade do material.

Por sua vez, BIZ (2001) acerca das características do concreto, considera que:

O elevado consumo de concreto pela indústria da construção civil é fruto da facilidade de obtenção de seus materiais em preços baixos, facilidade de produção, versatilidade, durabilidade, entre outros. O fato de o concreto apresentar características similares as das rochas, com a vantagem de ser moldável, endossa a utilização desse material.

Além da facilidade de trabalho, execução, economia e fácil moldagem; A qualidade do concreto como material construtivo combate o desenvolvimento de patologias na construção civil, reduzindo os custos e evitando retrabalho.

Acerca da qualidade do concreto a Associação Brasileira Das Empresas De Serviços de Concretagem (*ABESC, 2016*), ressalta que:

A qualidade do concreto contribui para o desempenho da estrutura e evita patologias que comprometem sua vida útil gerando vários benefícios à sociedade, como: redução de custo para o construtor, evita retrabalhos, entrega de uma obra durável, com o mínimo de manutenção. O concreto, em decorrência de característica de fácil moldagem, facilidade de execução e considerável custo, possibilitou um novo pensamento no sentido de construir-se mais rápido, com mais arrojo e a custos competitivos.

1.1 As origens e a evolução do material construtivo mais utilizado pelo homem

As origens do concreto acompanham a evolução da civilização, assim como a busca por construções cada vez mais funcionais e seguras.

Acerca do desenvolvimento do concreto, RENEGATI (2020), esclarece, que na forma como conhecemos hoje, o concreto surgiu no século XIX, de fato era utilizado na antiga civilização romana como base para a maior parte das construções da época, porém, é claro que os materiais utilizados como agregados (brita e areia) e aglomerantes(cimento) não tinham as características refinadas dos materiais que utilizamos hoje.

Por sua vez, RENEGATI (2020), acerca da origem do concreto, considera que:

(...)A ideia de concreto surgiu nas construções do império romano, por volta de 400 a.c, na época era denominado de cal pozolânica, e era formado por cal hidratada e cinza vulcânica. Os romanos perceberam que a mistura destes materiais resultava em uma espécie de aglomerante que endurecia após o contato com a água, a partir de então, as construções passaram a incorporar essa mistura, principalmente nas fundações.

Sobre a importância do Cimento Portland no desenvolvimento do concreto, RENEGATI (2020), considera que:

(...)O grande passo para o desenvolvimento das construções foi a descoberta do cimento Portland, Joseph Aspdin foi o inventor que deu o grande passo em direção ao desenvolvimento, por volta de 1824, ele obteve o material queimando argila e calcário moídos em altas temperaturas, nos dias de hoje, o cimento Portland é fabricado de forma diferente, no entanto, a descoberta de Aspdin foi determinante para a época e permitiu chegar ao modelo de fabricação que temos hoje.

Após a descoberta do cimento *Portland*, outras foram sendo feitas, até que em 1849, Joseph Monier desenvolveu o primeiro concreto reforçado com aço, o que viria a ser o concreto armado. Joseph percebeu que a grande fraqueza do concreto era sua baixa resistência a esforços de tração, pensou então em combinar a resistência a tração do aço com as características do concreto. No século XX, o concreto teve grande evolução do ponto de vista tecnológico, na década de 30 ele começou a ser produzido na usina o que ficou conhecido como concreto usinado, dando um grande salto em termos de qualidade e redução no tempo de fabricação, em 1980 já existia o concreto de alta resistência e o concreto reforçado com adição de fibras, além disso, dava-se início a introdução dos aditivos na produção de concreto usinado.” RENEGATI (2020).

2.4 Concreto Celular

O concreto leve surgiu com a necessidade de criar uma inovação com intuito de melhorias sobre o concreto convencional. Possui massa específica inferior a 2.000 kg/m³, já o concreto convencional apresenta massa entre 2.000 kg/m³ a 2.800 kg/m³. A redução da massa específica é possível devido a substituição por agregados convencionais, pelos agregados leves que são argila expandida, isopor, vermiculita, E.V.A (Etileno Acetato de Vinila), assim o concreto leve apresenta alterações

significativas e vantajosas sobre as suas principais propriedades, nos quais destacam-se:

- **Trabalhabilidade:** Facilita a produção do concreto e sua aplicação;
- **Módulo de deformação:** O valor do modulo de deformação do concreto leve varia entre 50% a 80% do valor do modulo de deformação do concreto convencional, devido ao tipo e quantidade de material utilizado na mistura, possuindo esses materiais valores relativamente baixos.
- **Resistência mecânica:** Esta relacionada a estrutura dos agregados, uma vez que o ideal é que tenham sua estrutura porosa com poros pequenos e bem distribuídos com pouca porosidade na sua superfície, como por exemplo a argila expandida que é altamente porosa, mais com uma camada de vitrificação na superfície;
- **Durabilidade:** O uso dos agregados leves não reduz a resistência e a durabilidade do concreto;
- **Condutividade térmica:** A absorção e a transferência de calor dos agregados leves são menores em relação aos convencionais, devido ao ar que fica confinado dentro das suas células. (ROSSIGNOLO, 2009)

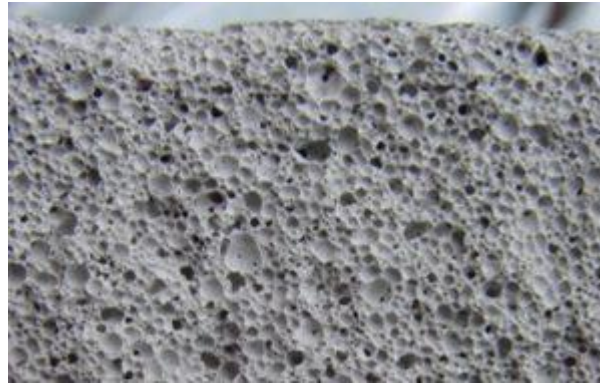
O concreto leve pode ser aplicado em diversas áreas da construção civil (ROSSIGNOLO, 2009), em construções pré-fabricadas facilitando o transporte e a montagem do material, e as estruturas especiais que são as pontes, fachadas, estruturas flutuantes e cobertura de grandes vãos.

2.4.1 Estrutura do concreto celular

De acordo com Isaias (2011), a produção de concretos leves se dá a partir dos agregados leves, com massa específica reduzida, e/ou substituindo uma parte dos materiais sólidos por ar. Onde o concreto leve é classificado por: **concreto celular**, concreto sem finos e concreto com agregados leves, cuja massa específica seca final, não deve ser superior a 2000 kg/m³.

Segundo Désir (2012), o que determina a estrutura do concreto celular é a presença de células minúsculas de ar, como mostra a figura 1, onde o mesmo é fabricado com massa volumétrica variando entre 350 e 500 kg/m³. As células presentes são de dois tipos os macros células, tendo diâmetro entre 0,5 e 2 mm e as micro células de dimensões capilares.

Figura 1: Concreto celular mostrando as bolhas de ar formadas.



Fonte: Gruppi Concreto (2022)

Ainda de acordo Désir (2012), o concreto celular apresenta 80% de volume de ar enquanto a massa sólida ocupa 20%. Salientando que 1m³ de matéria prima produz 5m³ de concreto celular.

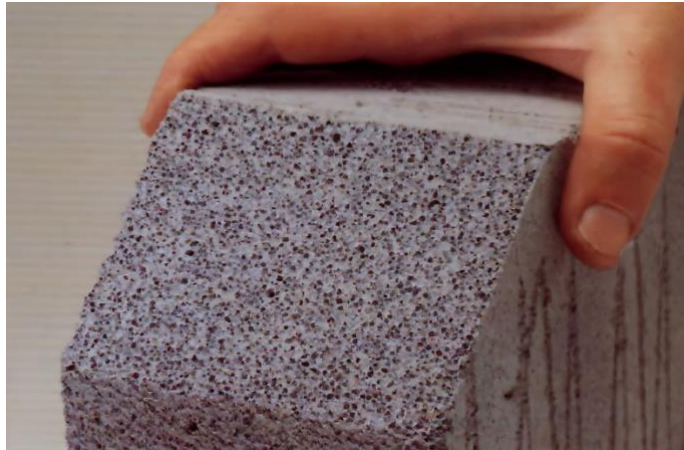
Os concretos leves ao sofrerem a redução da massa específica, justamente pela substituição de materiais sólidos por ar, tem como consequência a redução da resistência do material o impedindo de ser usado em alvenarias estruturais, e sim ser utilizado em alvenarias de vedação por ter um bom isolamento térmico e acústico.

2.4.2 Composição do concreto celular autoclavado

De acordo com a NBR 13438 (ABNT, 2013), o concreto celular autoclavado (CCA) é um concreto leve, obtido através de um processo industrial, constituído por materiais calcários (cimento, cal ou ambos) e materiais ricos em sílica, granulados finamente. Esta mistura é expandida através da utilização de produtos formadores de gases, água e aditivos, se for o caso, sendo submetidos à pressão e temperatura através de vapor saturado. O concreto celular autoclavado contém células fechadas, aeradas e uniformemente distribuídas.

De acordo com Guerreiro (2002), o CCA é considerado leve, pois quando ocorre a reação inicial na massa, após a mistura dos materiais, os gases se acumulam gerando porosidade no material, como mostra a figura 2. A porosidade acontece devido ao adicionamento do aditivo denominado alumínio em pó. Além da baixa densidade a porosidade beneficia o CCA no isolamento acústico.

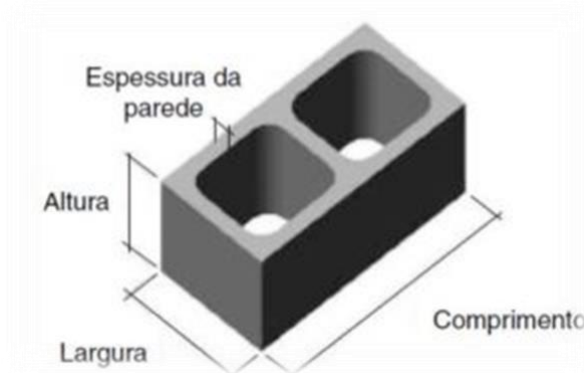
Figura 2: Porosidade do CCA.



Fonte: Winter, Nicolas B. (2012)

Segundo Souza e Vieira (2017), o CCA é usado tanto para alvenaria interna e externa de vedação e estrutural, no entanto usado para o intuito de isolamento térmico, acústico e resistência ao fogo. Também é usado em vedações verticais (paredes) e horizontais (lajes), e elemento de enchimento. A figura 3 apresenta um bloco constituído por concreto celular.

Figura 3: Bloco de CCA



Fonte: Mapa da Obra (2018)

2.4.3 Composição do concreto celular espumoso

De acordo com a NBR 12645/1992, o concreto celular leve é obtido pela introdução, nas argamassas, de bolhas de ar, com dimensões milimétricas, homogêneas, uniformemente distribuídas, estáveis, incomunicáveis e indeformadas ao fim do processo, cuja densidade de massa aparente no estado fresco deve estar compreendida entre 1300 kg/m^3 e 1900 kg/m^3 . As bolhas de ar podem ser obtidas na

forma de uma espuma pré-formada ou geradas no interior do misturador por ação mecânica deste, devido a um agente espumante.

O concreto celular espumoso (CCE) é formado pelo aditivo químico espumoso que através de máquinas geram bolhas formando espumas que se misturam a argamassa base sem aditivos. O CCE vem sendo impedido de ser usado em alvenarias estruturais, por conta da presença de bolhas que tendem a abaixar a resistência mecânica (MELO, 2009).

Como o CCE é um material leve, o que o impossibilita de suportar cargas, ele pode ser usado em produção de painéis, fabricação de blocos, rebocos e concretagem de piso e telhado, concretagem de parede, fundição completa de casas, paredes e muros de isolamento acústico / barreira sonora, casas e construções flutuantes, preenchimento de vazios, proteção de taludes, mobiliário de exterior (outdoor), Construção de linhas de ancoragem, portos, decks e píeres (ECOPORE,2020). Na figura 4, observa-se a o CCE sendo usado entre placas de cimento.

Figura 4: CCE usado como núcleo no painel estrutural, com placas cimentícia e encaixes metálicos



Fonte: Thermopore, 2020

2.5 Vantagens e desvantagens na utilização do concreto leve

De acordo com a CINEXPAN, Indústria e Comércio LTDA tem-se um alívio de carga estrutural, por possuir massa específica cerca de 60% menor do que a massa específica dos agregados convencionais, torna-se possível diminuir o peso próprio da estrutura. Além disso, sabe-se que há uma diminuição do consumo de materiais, geração de resíduos e o cronograma da obra, por não precisar de estruturas espessas e robustas, tornando o peso da edificação menor, o concreto celular poderá diminuir o consumo de até 30 % do concreto. Por sua característica física, o que permite ser

um bom agente térmico e acústico, torna-se um ótimo material de vedação de estruturas, o qual aumenta o índice de habilidade da edificação. (ESCOLA DE ENGENHARIA, 2018). Algumas outras vantagens podem ser mencionadas:

- Incombustível;
- Autonivelante
- Diminuição da pressão hidrostática
- Dispensa vibração e compactação
- Baixa retração:

De acordo com Souza (2014) a deformação que ocorre nas estruturas de concreto, no qual denomina-se retração está associada a fatores como:

- Exposição ao ambiente com umidade relativa inferior a saturação da pasta de cimento;
- Grau de hidratação;
- Reações químicas dos materiais;
- Microestrutura do concreto;
- Componentes da mistura

A retração do concreto produzido com agregados leves dependerá do tipo de agregado utilizado na sua produção, e o que influencia diretamente essa condição é a quantidade e qualidade do cimento. No caso do concreto leve, por causa dos agregados como xisto e ardósias expandidas, tem-se menor retração que os produzidos de maneira tradicional (LOPEZ, 2005).

De acordo com Lopez (2005), a retração inferior devido ao uso de agregados modificadores pode gerar outras vantagens:

- Alta produtividade, por ser literalmente leve, a locomoção das peças torna-se mais rápida e eficiente, diminuindo o número de viagens, dispensando maquinário; o manuseio e assentamento dos blocos pode chegar a ser até três vezes mais ágil que os blocos tradicionais, também é possível modifica-los depois de pronto, pois é possível serrar a peça para enquadrar ao tamanho desejado;
- Redução do custo, pela redução do peso, conseqüentemente reduzindo também quantidade de materiais e facilidade de manuseio, isso irá impactar positivamente no custo final da obra;
- Bombeável até 100 m de altura;
- Não deteriora, por ter alta resistência a agentes químicos, umidades e fungos, essa inovação possui vida útil elevada;

- Boa liga com outros materiais;
- Melhor custo benefício entre os poliestirenos expandidos (isopor), argila expandida e piso elevado.

Entre as desvantagens do uso do concreto celular tem-se:

- Perda de desempenho mecânico- por possuir uma grande quantidade de poros em sua estrutura, e o uso do agente expansivo no qual permite sua característica particular, sua resistência mecânica à compressão se torna menor;
- Baixo módulo de elasticidade- possui módulo de elasticidade baixo por não ter um agregado rígido em sua composição, o que pode causar maior deformidade na peça;
- Maior custo de produção- esse tipo de produção tem um custo maior por causa do agente expensor e aditivos da mistura, quando comparado ao concreto tradicional, embora sejam processos similares (ESCOLA DE ENGENHARIA, 2018).

2.6 Processo de produção

O concreto celular autoclavado (CCA) é obtido da mistura de areia fina, cal micronizada, cimento, gesso e água aquecida a cerca de 40 °C. A essa mistura é adicionado pó fino de alumínio metálico. Alumínio quando em meio básico reage com a cal liberando o gás hidrogênio, que é responsável pela expansão da argamassa. Esta argamassa expandida é autoclavada, ou seja, é submetida a 10 atm de pressão e à temperatura de 200 °C por 12 horas. Este processamento faz com que ocorra uma transformação de fase, surgindo um componente altamente resistente: a tobermorita. Esses blocos de concreto alcançam os 2,5 MPa de resistência a compressão com densidade da ordem de 550 kg/m³ (corresponde a densidade de 30% da densidade das argamassas convencionais) (OIANNOU et al., 2008).

Segundo Melo (2009) a etapa mais importante no processo de fabricação desse tipo de concreto, é o procedimento de cura à vapor, pois esse procedimento acelera a hidratação do mesmo e propicia uma segunda reação química, oferecendo ao CCA sua força, rigidez e estabilidade dimensional.

A NBR 13438:2013 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013) define esse concreto como um concreto leve, composto de materiais calcários e materiais silicosos finamente granulados, obtido através de um processo industrial. Esta composição sofre processo de expansão através da introdução de produtos formadores de gases, águas e aditivos, se for o caso, e é submetida a pressão e temperatura através de vapor saturado. Assim, esse concreto contém células aeradas, fechadas e uniformemente distribuídas.

No concreto celular espumoso (CCE), a incorporação de ar é conseguida pela adição de espuma, obtida num gerador. Em seguida essa espuma é misturada à argamassa. O concreto espumoso é moldado "*in loco*", sua densidade varia de 1000 a 1800 kg/m³ e a respectiva resistência à compressão, após 28 dias, de 4 a 25 MPa. Assim, só é possível a obtenção de produtos à base de concreto espumoso com resistência de 2,5 MPa com o dobro da densidade do concreto autoclavado, ou seja, 1100 kg/m³. Neste caso, não é realizada a autoclavagem, mas é necessário um gerador de espuma.

Segundo Narayanan e Ramamurthy (2000), o processo de se produzir o concreto celular através de agentes espumígenos, é o mais econômico e controlável, pois não há relações químicas envolvidas, uma vez que a introdução de poros é conseguida através de meios mecânicos, seja pela espuma pré-formada ou pela formação da espuma misturada à argamassa.

O CCE produzido com apenas cimento quando deseja-se obter um concreto com massa específica inferior a 800 kg/m³. Porém quando o objetivo é produzir um concreto com massa específica superior a este valor, utiliza-se além do cimento, a areia. Já a inclusão dos agregados leves ao concreto celular deve-se à melhoria da relação da massa específica e da resistência mecânica.

2.7 Métodos de cura dos concretos celulares autoclavados e espumosos

2.7.1 A cura do concreto celular autoclavado (CCA)

Conforme Fonseca (2017) o processo da argamassa base do CCA inicia-se na mistura da areia, cal e cimento em proporções específicas, logo após adiciona-se a água e o pó de alumínio que dará uma pasta. Em seguida essa pasta é colocada em moldes cúbicos deixando-a repousar. Esta primeira etapa é denominada de pré-cura, pois nela haverá a expansão do agente químico (pó de alumínio) e a hidratação do

cimento, e no seu repouso é onde a pasta irá adquirir resistência para que o bloco seja cortado.

A cura começa após a expansão, podendo ser ao ar livre ou pelo processo de autoclave. Esta última se comparada ao processo ao ar livre, obtém um melhor resultado, no quesito da resistência a compressão (FABRO, 2014).

O processo de autoclave é realizado pelo método industrial, onde o processo consiste na cura a vapor em alta pressão com a temperatura variando entre 150 °C e 180 °C, fazendo com que acelere a hidratação do concreto e o mesmo acabe sofrendo uma segunda reação química onde ele ganhará mais rigidez, força e estabilidade (MELO,2009).

A tabela 1 mostra a diferença da resistência a compressão obtida pelos dois métodos de cura do CCA:

Tabela 1: Influência do tipo de cura na resistência à compressão do BCCA.

Massa Específica (Kg/m ³)	Resistência à compressão (Mpa)	
	Cura ao ar	Cura em autoclave
400	-	1,5
600	-	4,5
800	2	-
1000	3,5	15
1200	5	-
1400	7	-

Fonte: (TESUKA, 1989 apud MOTA 2001)

2.7.2 A cura do concreto celular espumoso

Segundo a Ecopore (2020), a cura do concreto celular espumoso (CCE) segue o mesmo método da cura do concreto convencional, em que a água irá reagir com todos os materiais que compõem a argamassa base (areia, cimento e água). As bolhas de ar do CCE são adquiridas através do agente espumígeno que podem vir a ser formado por meio da espuma pré-formada ou com a espuma gerada através de um misturador (CORTELASSI, 2008).

Existem dois métodos para se obter o CCE, o primeiro é adicionando a dosagem controlado do aditivo com a espuma pré-formada, após o preparo da argamassa em um equipamento específico, e o outro método é pela ação mecânica do misturador onde o agente espumígenos, que é diluído na água e adicionado

durando o preparo da argamassa, onde a quantidade da espuma é formada de acordo com a velocidade do misturador (PEIXOTO, et al, 2018).

A cura do CCE inicia após seu lançamento nas formas. A cura mais viável seria a seca, pois assim evitaria o sol fazendo com que a água permanecesse dentro do concreto ao menos nos seus 7 dias. Mantendo a peça curada em local coberto e cobri-la com uma lona evitando que a água evapore (MELO, 2020).

De acordo com (MELO, 2020) é importante salientar que a espuma retarda o processo de cura, então a escolha do cimento é essencial para que haja uma cura mais rápida. O mais indicado é o cimento CPV-Ari, pois com ele é possível realizar a desforma em apenas 1 dia, sendo que a cura total do concreto será após os 28 dias, quando o cimento irá conseguir seu ponto alto de resistência.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho consistiu em um estudo das características do concreto celular, visando explicar seus materiais e suas aplicações. Foi realizado um levantamento nas bases de dados: livros, revista, Google Acadêmico, Scielo, monografia, artigo científico. Os artigos foram selecionados dos últimos 10 anos, visando uma linguagem mais abrangente a nível técnico, facilitando o melhor entendimento. Através de pesquisa detalha-se seu histórico, inclusão na construção civil, características e suas aplicações, vantagens e desvantagens e o método de fabricação. O período de levantamento bibliográfico foi realizado em Fevereiro à Maio de 2022.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O concreto celular pode ser empregado de diversas formas obedecendo seu desempenho, pode ser moldado "*in loco*", pré-fabricados e na vedação de vãos, as principais aplicações do concreto celular são: enchimento, fechamento, isolamento e envelopamento.

Aditivo de pó de alumínio

De acordo com Fonseca (2017), o Concreto celular Autoclavado (CCA) se dá através da mistura de areia, cimento, cal e pó de alumínio. Após adicionar a água se forma uma pasta e deixa repousar em moldes dando início a fase da pré-cura, que é onde ocorre a expansão e a hidratação do cimento.

Aditivo espumígeno

O concreto celular espumoso (CCE) se dá a partir da mistura da argamassa base com o uso de aditivo químico espumígeno, que por meio da ação mecânica do misturador fazem com que se formem bolhas de espumas lhe dando a característica de concreto leve (SILVA, 2018). O CCE apresenta desvantagem no caso de aplicações em alvenarias estruturais, por conta da presença de bolhas que tendem a abaixar a resistência mecânica (MELO, 2009).

Tabela 2: Comparação das vantagens do concreto celular com o concreto tradicional.

CONCRETO CELULAR	X	CONCRETO TRADICIONAL
Redução de 30% da quantidade de concreto na obra		Alto desempenho mecânico
Alta produtividade		Módulo de elasticidade maior
Redução de custos totais		Melhor custo de produção
Ótimo desempenho termo acústico		Material versátil
Vida útil elevada		

4.1 Concreto celular espumoso no aeroporto de Congonhas

Foi utilizado numa área chamada de “área de escape” para aeronaves em aeroportos, nesse caso o de Congonhas.

Quando o avião precisa abortar uma decolagem, mas está numa velocidade muito alta e/ou ultrapassam os limites da pista para aterrissar, é preciso utilizar esse sistema de escape chamado de (*Engineered Material Arresting System*), onde o piloto recorre a “esta área de escape” que é toda revestida de concreto celular espumoso, e trem de pouso ao entrar em contato com o material, o peso da aeronave faz as rodas fiquem enterradas no mesmo e desacelerem rapidamente até parar.

O aeroporto de Congonhas em São Paulo (SP) é o primeiro da América Latina a obter essa tecnologia. Contudo temos que, o concreto tradicional tem um custo de produção mais barato, porém requer mais gastos com logística sem falar no volume de concreto que será maior, e isso impacta diretamente na produtividade e custo final.

4.2 Vedação em bloco de concreto celular autoclavado e alvenaria de tijolo cerâmico em unidades residenciais multifamiliares

Klaumann e Carvalho (2017) realizaram um estudo de caso com a finalidade de demonstrar e apontar diversas diferenças na aplicação do bloco de concreto celular autoclavado em comparação com a alvenaria convencional, como custo, peso na

estrutura entre outros. Neste estudo os autores buscaram um projeto de um edifício residencial multifamiliar, onde conseguisse analisar as diferenças entre as alvenarias de vedação. O Projeto é do Residencial Atria, cedido pela Genus Engenharia e com 677,66 m² de obra.

Figura 5: Fachada Frontal.



Fonte: Genus Engenharia, 2017.

Figura 6: Fachada 45°.



Fonte: Genus Engenharia, 2017.

O empreendimento possui 4 pavimentos, dentre eles, os pilotis, onde estão as garagens com dois acessos para veículos pela parte frontal do edifício. Entre elas existe uma passagem de pedestres levando até o hall de entrada, na qual possui uma escada onde dá acesso aos apartamentos. Ainda nos pilotis situa-se a central de gás,

depósito de lixo e o quadro de medição. Totalizando uma área construída de 161,56 m² no pavimento.

Figura 7: Planta do Pilotis.



Fonte: Genus Engenharia, 2017.

O pavimento tipo pilotis se repete em dois pavimentos, contendo circulação, acesso a escada e três apartamentos por andar, sendo do 101 ao 103 e do 201 ao 203 contendo dois quartos, sala, cozinha, área de serviço, sacada com churrasqueira e um banheiro. Sendo os apartamentos 101 e 201 com áreas de 50,90 m², os apartamentos 102 e 202 com áreas de 50,13 m² e o 103 e 203 com 47,92 m².

Figura 8: Planta Pavimento.



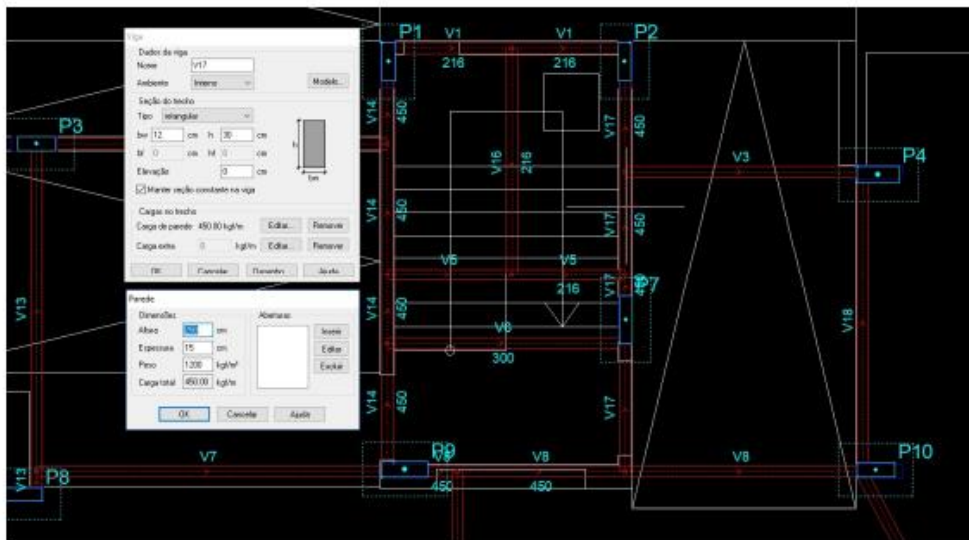
Fonte: Genus Engenharia, 2017.

A parti desse projeto a empresa Genus Engenharia, desenvolveu o projeto estrutural através do programa Eberick da Alto QI, onde foi adotado como carga de parede de 1200 kg/m³. Para o BCCA, no estudo de caso adotou-se o valor de 550 kgf/m³ para blocos com resistência a compressão de 2,5 MPa - conforme a ABNT NBR 13.438 – Sobre o bloco de concreto celular autoclavado, mesmo que as paredes sejam somente para vedação, sem possuir função estrutural.

Portanto, com o projeto estrutural já dimensionado e respeitando-se a seção dos pilares, foram substituídas as cargas das paredes de tijolos cerâmicos pelo bloco de concreto celular autoclavado, para examinar quais as vantagens que essa substituição traria, supondo-se redução da carga na estrutura, agilidade de produção e custo de execução do sistema construtivo.

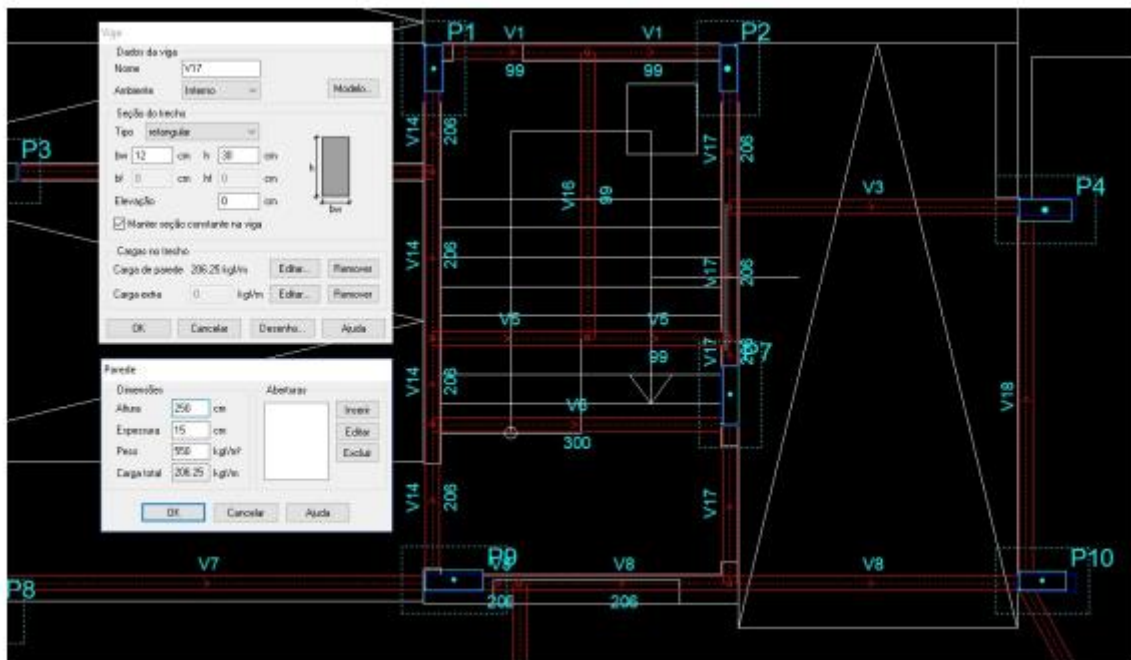
E por fim, destaca-se que a carga da parede que foi estipulada para cada tipo de sistema construtivo, sendo 1200 Kgf/m³ para alvenaria de TCV e 550 Kgf/m³ para alvenaria de BCCA.

Figura 9: Carga da Parede a 1200 kgf/m³ do Software Eberick.



Fonte: Genus Engenharia, 2017.

Figura 10: Carga da Parede a 550 kgf/m³ do Software Eberick.



Fonte: Genus Engenharia, 2017

Depois de todo o projeto ser redimensionado, analisou-se as diferenças que seriam geradas a parti das novas cargas das paredes, e a única diferença direta que foi encontrada foi no peso do aço, pois sem as dimensões dos pilares e vigas alteradas, o volume do concreto da estrutura se mantém. Portanto, foram elaboradas tabelas (tabela 3 e 4) que demonstrar o comparativo e redução do peso de aço da estrutura de BCCA e de TCV. A mesma também apresentou o custo unitário de cada bitola de aço, sendo os todos os valores retirados da tabela SINAPI.

Tabela 3: Tabela BCCA Peso de Aço da Obra por Bilota (Kg).

Tipo	Bitola (mm)	Pavimentos							Custo (RS)	Custo Total (RS)	
		Baldrame	Tipo 1	Tipo 2	3 Pav.	Cobert./Barrilete	Fundo Cx.	Tampa Cx.			Total por Bitola
CA-50	6,3	4,30	222,80	33,30	29,70	78,80	0,00	212,50	581,40	RS 3,99	RS 2.319,79
	8	209,30	285,70	162,80	228,70	208,00	0,00	90,80	1.185,30	RS 3,95	RS 4.681,94
	10	129,90	647,60	474,30	376,00	225,50	64,00	53,60	1.970,90	RS 3,69	RS 7.272,62
	12,5	198,20	605,60	424,30	198,30	40,40	0,00	0,00	1.466,80	RS 3,51	RS 5.148,47
	16	0,00	53,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	53,80	RS 3,51	RS 188,84
CA-60	5	82,60	303,50	243,40	230,40	219,60	22,00	14,80	1.116,30	RS 3,66	RS 4.085,66
TOTAL										RS	23.697,31

Fonte: Klaumann e Carvalho, 2017

Tabela 4: Tijolo Cerâmico Peso de Aço da Obra por Bitola (Kg).

Tipo	Bitola (mm)	Pavimentos								Custo (R\$)	Custo Total (R\$)
		Baldrame	Tipo 1	Tipo 2	3 Pav.	Cobert./Barrilete	Fundo Cx.	Tampa Cx.	Total por Bitola		
CA-50	6,3	15,80	182,70	25,70	58,00	63,10	0,00	212,50	557,80	R\$ 3,99	2.225,62
	8	151,40	205,30	137,50	194,00	223,50	0,00	90,80	1.002,50	R\$ 3,95	3.959,88
	10	68,80	461,30	459,30	362,90	226,80	64,00	53,60	1.696,70	R\$ 3,69	6.260,82
	12,5	256,80	1.096,80	569,10	302,70	70,30	0,00	0,00	2.295,70	R\$ 3,51	8.057,91
	16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	R\$ 3,51	-
CA-60	5	119,10	290,90	243,40	234,50	219,70	22,00	14,80	1.144,40	R\$ 3,66	4.188,50
										TOTAL	R\$ 24.692,73
Percentual Efetivo de Redução de Custo de Armadura											4,20%

Fonte: Klaumann e Carvalho, 2017

Logo constatou-se a diminuição do aço na estrutura. Após, continuou-se o estudo com um ensaio comparativo para demonstrar que o BCCA não exige que seja colocado chapisco, emboço e reboco para regularizar a alvenaria e sim, apenas a aplicação da massa corrida no BCCA, todos os detalhes do ensaio comparativo e estudo constam no anexo A.

Depois de toda a análise realizada, constatou-se que para BCCA em comparação ao Tijolo Cerâmico Vazado apresenta diversas vantagens.

O uso do concreto celular autoclavado é vantajoso em relação ao método tradicional de parede de vedação de bloco cerâmico vazado quando aplicado em unidades residenciais multifamiliares. Observou-se que a redução do aço na estrutura não foi muito significativa, em torno de 4,2%.

Para os revestimentos, notou-se em análise do custo de material e mão de obra da execução dos dois tipos de vedação, que o BCCA, mesmo com maior valor agregado ao produto, inibi a necessidade de reboco, agilizando a obra, economizando os processos e diminuindo custo do revestimento em 43,67%.

De maneira forte, o que possibilitou a exclusão do reboco interno na edificação, foi o BCCA possuir menor absorção de água, ou seja, tendo uma absorção menor que 10% para cada peça individual do bloco. Enquanto o tijolo cerâmico apresenta mais de 19% de absorção de água, o que está muito próximo do limite de 22% que a ABNT NBR 15270:2005 – Componentes Cerâmicos exige.

Portanto, a utilização do BCCA em edificações apresenta maiores vantagens e benefícios comparado ao tijolo cerâmico vazado comumente utilizado em obras de edifícios.

5 CONCLUSÃO

Embora o concreto convencional seja dominante nas edificações pois já é provado sua versatilidade, é possível inovar e melhorar sua performance adicionando componentes que vão garantir uma resistência dentro do que define a norma regulamentadora trazendo um melhor custo benefício. Com base na pesquisa pode-se confirmar que é eficiente utilizar o concreto leve (celular) para fins não estruturais.

REFERÊNCIAS

_____. **NBR 12645 Execução de paredes de concreto celular espumoso moldadas no local: procedimento.** Rio de Janeiro, 1992. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/6333/abnt-nbr12645-execucao-de-paredes-de-concreto-celular-espumoso-moldadas-no-local-procedimento>. Acesso em: 22 mar. 2022.

_____. **NBR 13438 Blocos de concreto celular autoclavado — Requisitos.** Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/9894/abnt-nbr13438-blocos-de-concreto-celular-autoclavado-requisitos>. Acesso em: 22 mar. 2022.

ABESC. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇO DE CONCRETAGEM DO BRASIL (Brasil). **Princípios básicos do concreto dosado em central.** Disponível em: <http://www.abesc.org.br/pdf/pbasico.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5738:** moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos ou prismáticos de concreto: procedimento. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <http://www.ipaam.am.gov.br/wp-content/uploads/2021/01/NBR-05738-94-Modelagem-e-Cura-Corpos-de-Prova-Cil%C3%ADndricos.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6118:** projeto de estruturas de concreto: procedimento. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-de-edificios/abnt-6118-projeto-de-estruturas-de-concreto-procedimento>. Acesso em: 22 mar. 2022.

BIZ, Carlos Eduardo. **Concreto de pós reativos.** 2001. 101 f. Tese - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas - Unicamp, Campinas, 2001.

CERELE - **Aplicações, vantagens e desvantagens do concreto celular espumoso**, 2022. Disponível em: <https://celere-ce.com.br/construcao-civil/concreto-celular-espumoso>. Acesso em: 24 abr. 2022.

DÉSIR, Jean Marie. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, RS 2012. Núcleo de Apoio Pedagógico à Educação a Distância. Engenharias. Alvenaria Estrutural: **Blocos Celulares Autoclavados**. Disponível em: Alvenaria Estrutural (ufrgs.br). Acesso em: 15 de março de 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rmat/a/z8qQ9d5ptG5pvdDF3m9ZhDt/?lang=pt>. Acesso em: 22 mar. 2022.

ECOPORE - **Concreto Celular Leve**. Disponível em: THERMOPORE - Painel Térmico e Acústico em Concreto Celular - ECOPORE. Acesso em: 23 de março de 2022.

Fabro, V. D. **ANÁLISE DA VIABILIDADE DO USO DE RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO CIVIL PARA A PRODUÇÃO DE CONCRETO CELULAR NÃO AUTOCLAVADO –** Trabalho de conclusão de curso, na área de engenharia civil, 2014, RS. Disponível em: http://www.ct.ufsm.br/engcivil/images/PDF/1_2014/TCC_VINICIUS%20DEL%20FABRO.pdf. Acesso em: 22 mar. 2022.

Fonseca, H. F. **ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE BLOCO CERÂMICO E BLOCO DE CONCRETO CELULAR AUTOCLAVADO, COMO ALVENARIA DE VEDAÇÃO, NO CUSTO DE UMA EDIFICAÇÃO EM CONCRETO ARMADO –** Trabalho de conclusão de curso na área de engenharia civil, 2017, RS. Disponível em: http://www.ct.ufsm.br/engcivil/images/PDF/1_2017/TCC_HENRIQUE%20FRACARI%20FONSECA.pdf. Acesso em: 22 mar. 2022.

GUERREIRO, M. D. Vitor; **Paredes de Alvenaria em Blocos de Concreto Celular Autoclavado**; novembro/2002. Disponível em: https://www.demat.cefetmg.br/wp-content/uploads/sites/25/2018/06/TCC-II-Matheus-Brant-Vilanova_10_07.pdf. Acesso em: 22 mar. 2022.

ISAIA, G.C. **Concreto: Ciência e Tecnologia**. São Paulo: IBRACON, 2011 Disponível em: http://ibracon.org.br/eventos/59cbc/Paginas_Iniciais_Rev6R.pdf. Acesso em: 22 mar. 2022.

JUNIOR, E. R. DA S. **Estudo comparativo entre a utilização de concreto leve e concreto convencional em elementos estruturais de um edifício multipavimentos**. 2003. 152 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia das Estruturas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003. Disponível em: <http://pos.dees.ufmg.br/defesas/181M.PDF>. Acesso em: 22 mar. 2022.

JUNIOR, E. R. DA S. **Estudo comparativo entre a utilização de concreto leve e concreto convencional em elementos estruturais de um edifício multipavimentos**. Pombal, PB, 2020. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/18837>. Acesso em: 22 mar. 2022.

Lima, S. F. et al. **Concreto e suas inovações**. Caderno De Graduação - Ciências Exatas E Tecnológicas - UNIT - ALAGOAS, 2014 1(1), 31–40. Disponível em <https://periodicos.set.edu.br/fitsexatas/article/view/1285>. Acessado 24/04/2022.

MELO, G. F. **Concreto celular polimérico: influência na adição de resíduo de poliéster insaturado termofixo**; Natal, 2009. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/12726/1/ConcretoCelularPolim%C3%A9rico_Melo_2009.pdf. Acesso em: 22 mar. 2022.

Melo, T. **MANUAL DE PRODUÇÃO DE CONCRETO CELULAR ESPUMOSO**. Pernambuco, 2020. Disponível em: file:///C:/Users/mylen/Downloads/manual-concreto-celular-espumoso-2ed_compress.pdf acesso em: 05 de maio de 2022.

Oliveira, A. L. A. **A influência do aditivo cristalizante nas propriedades do concreto fresco e endurecido**. Brasília, 2014. Disponível em <https://repositorio.uniceub.br/jspui/handle/235/6418>. Acesso em 24/4/2022

Peixoto, B. V. et al. **CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE CONCRETO CELULAR PRODUZIDO EM PALMAS-TO**. Contribuição técnica ao 73º Congresso Anual da ABM – Internacional, parte integrante da ABM Week, realizada de 02 a 04 de outubro de 2018, São Paulo, SP, Brasil.

Reganati, B. **A História do Concreto**. 2020. disponível em: <https://www.concretousinado.com.br/noticias/historia-concreto/> acessado em 12/04/2022

ROSSIGNOLO, João Adriano. **Concreto Leve Estrutural: produção, propriedades, microestruturas e aplicações**. 1ª Edição. São Paulo: PINI, 2009. Disponível em: https://www.academia.edu/19104906/Concreto_Leve_Estrutural. Acesso em: 22 mar. 2022.

ROSSIGNOLO, Joao Adriano. **CONCRETO LEVE DE AUTO DESEMPENHO MODIFICADO COM SB PARA PRÉ-FABRICADOS**. 2003. 211 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência e Engenharia dos Materiais, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/88/88131/tde-25102005-104002/publico/teserossignolo.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2022.

Silva, C. A. O. et al. **Influência do aditivo espumígeno na dosagem e nas propriedades do concreto celular aerado**. Revista matéria, Maceió, V. 23, N. 01, 2018.

SOUZA, C. V. M; VIEIRA, T. S. **Concreto celular e seu uso na construção civil**. Goiás, 2017. Disponível em: <https://publicacoes.unifimes.edu.br/index.php/coloquio/article/view/195>. Acesso em: 22 mar. 2022.

VILANOVA, M.B. **Utilização de escória de alumínio na fabricação de concreto celular autoclavado**; Belo Horizonte, 2017. Disponível em: https://www.demat.cefetmg.br/wp-content/uploads/sites/25/2018/06/TCC-II-Matheus-Brant-Vilanova_10_07.pdf. Acesso em: 22 mar. 2022.

ANEXO A: estudo com um ensaio comparativo para demonstrar que o BCCA não exige que seja colocado chapisco, emboço e reboco para regularizar a alvenaria.

Figura 1: Corte do BCCA.



Fonte: Klaumann e Carvalho, 2017

Figura 2: Corte do BCCA



Fonte: Klaumann e Carvalho, 2017

Neste processo, continuou-se com o corte do BCCA para que este formasse um modelo de parede, e se representasse da melhor forma possível uma amarração dos blocos, se aproximando da realidade.

Figura 3: Amarração do BCCA



Fonte: Klaumann e Carvalho, 2017

Para aplicação do assentamento dos blocos, foi usada a argamassa Juntabloko do Grupo Inkor, produto no qual serve para assentamento de alvenaria.

Figura 4: Argamassa de Assentamento Juntabloko do Grupo Inkor.



Fonte: Klaumann e Carvalho, 2017

Depois o preparo da argamassa conforme indicação do produto, deu início a aplicação da argamassa no BCCA para assentá-lo e em seguida foi feito o fugamento para diminuir as imperfeições que seriam providas do espaçamento entre blocos.

Figura 5: Início da aplicação da Argamassa de Assentamento Juntabloko do Grupo Inkor



Fonte: Klaumann e Carvalho, 2017

Figura 6: Aplicação da Argamassa de Assentamento Juntabloko do Grupo Inkor.



Fonte: Klaumann e Carvalho, 2017

Figura 7: Aplicação da Argamassa de Assentamento e Fugamento do Grupo Inkor.



Fonte: Klaumann e Carvalho, 2017

Figura 811: BCCA Assentado e Fugado



Fonte: Klaumann e Carvalho, 2017

Deste momento em diante, aplicamos a massa corrida PVA Crilkor do Grupo Inkor, para demonstrar como ficaria a qualidade do revestimento.

Figura 12: Lixamento da Alvenaria para aplicação da Massa Corrida.



Fonte: Klaumann e Carvalho, 2017

Figura 13: Aplicação da 1ª Demão da Massa Corrida Crikor.



Fonte: Klaumann e Carvalho, 2017

A massa de assentamento e da fuga estavam secas, o BCCA em estudo foi lixado com uma lixa fina de granulometria 220 para não agredir muito e em seguida aplicou-se a massa corrida PVA Crilkor para analisar se teria bons resultados de revestimento e superfície, para futuramente aplicar a tinta. A massa corrida foi aplicada em 2 demãos conforme o especificado pelo produto e conforme as planilhas de composições do SINAPI já demonstram.

Figura 11: Aplicação da 1ª Demão da Massa Corrida Crilkor



Fonte: Klaumann e Carvalho, 2017

Figura 12: Aplicação da 2ª Demão da Massa Corrida Crilkor



Fonte: Klaumann e Carvalho, 2017

Depois de todo o processo de revestimento feito e a massa corrida PVA já seca, constatou que a massa corrida diretamente no BCCA proporcionou um revestimento satisfatório para a aplicação da tinta posteriormente.

A partir deste princípio, continuou-se os cálculos de revestimento, demonstrando as diferenças que podem ser aplicadas em cada tipo de vedação. Para isto, foi utilizado a planilha pronta de composições do SINAPI. Com esta composição do SINAPI, foi possível fazer um cálculo de provisão do que seria gasto na eventual execução da obra.

Sendo a denominada Obra 1, aquela que possui alvenaria de tijolo cerâmico furado 11,5x19x19cm (Espessura x Altura x Comprimento) e a Obra 2 com BCCA de 10x30x60cm (Espessura x Altura x Comprimento). Para estes dois modelos de alvenaria e para se ter um maior controle do comparativo, optou-se em utilizar como revestimentos o reboco e massa corrida, PVA (interna) ou acrílica (externa). Porém, em função das características das dimensões do BCCA, este não receberá o reboco como revestimento.

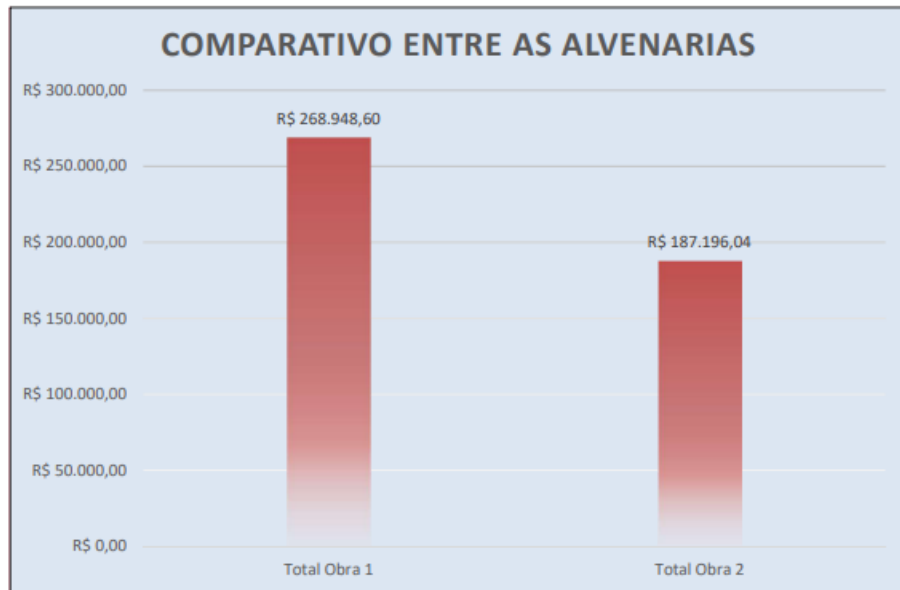
Observou-se que a vedação escolhida interfere profundamente no processo de construção e no custo, de modo que possa diminuir ou aumentar o preço de mão-de-obra e material. A utilização do BCCA em relação ao Tijolo Cerâmico Vazado, mostrou uma redução de aço de aproximadamente 4,2% conforme apresentado no texto, ou seja, ao se utilizar o BCCA como parede de vedação com peso de 550 kgf/m³ em relação ao tijolo. O custo das armaduras da obra passou de R\$ 24.692,73 para R\$ 23.697,31, já que não foram alteradas as seções dos pilares.

Figura 14: Custo de Aço por Tipo de Vedação

Fonte: Klaumann e Carvalho, 2017

Além dessa redução, o BCCA gera outras vantagens em relação ao sistema construtivo. Como o BCCA é feito em fábrica e cortado em máquina com fios de aço, as suas dimensões são exatas, formando um bloco com esquadramento próximo da perfeição. Portanto, com o seu corte preciso e com a sua ótima resistência a umidade, não sendo necessário a utilização das camadas de emboço e reboco como revestimento.

Para realização do comparativo de custo entre o BCCA e o TCV, a massa corrida acrílica para as partes externas de alvenaria e na parte interna massa corrida PVA foi considerada a mais adequada para paredes em BCCA. Para tijolo cerâmico vazado, foi necessário a utilização de chapisco, emboço e reboco na parte interna e externa, devido sua superfície ser muito irregular para a aplicação direta da massa corrida. Sendo assim, foi considerado a massa corrida após o reboco na Obra 1 para ter os mesmos padrões de comparação, obtendo um percentual de redução do revestimento da vedação de 43,67%, de R\$ 268.948,60 para R\$ 187.196,04.

Figura 14: Comparativo entre as Alvenarias

Fonte: Klaumann e Carvalho, 2017

Figura 15: Diferença do Custo entre os Sistemas Construtivos

Fonte: Klaumann e Carvalho, 2017