



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS E FLORESTAIS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

Matheus Frota Araújo Soares

**VIABILIDADE ECONÔMICA E TÉCNICA DO BLOCO CELULAR EM
COMPARAÇÃO COM O BLOCO CERÂMICO**

MOSSORÓ - RN

2024

Matheus Frota Araújo Soares

**VIABILIDADE ECONÔMICA E TÉCNICA DO BLOCO CELULAR EM
COMPARAÇÃO COM O BLOCO CERÂMICO**

Monografia apresentada a
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: prof. Dr. Sc. Marcelo
Tavares Gurgel

MOSSORÓ - RN

2024

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

AA663 Araújo, Matheus Frota.
v Viabilidade econômica e técnica do bloco
celular em comparação com o bloco cerâmico /
Matheus Frota Araújo. - 2024.
33 f. : il.

Orientador: prof. Dr. Sc. Marcelo Tavares
Gurgel.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2024.

1. Meio ambiente. 2. Resistência a compressão.
3. Custo benefício. 4. Construção civil. I.
Gurgel, prof. Dr. Sc. Marcelo Tavares, orient.
II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

Matheus Frota Araújo Soares

**VIABILIDADE ECONÔMICA E TÉCNICA DO BLOCO CELULAR EM
COMPARAÇÃO COM O BLOCO CERÂMICO**

Monografia apresentada a
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Defendida em: 19 / 04 / 2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcelo Tavares Gurgel (UFERSA)
Presidente e Orientador

Prof. Dr. Raimundo Gomes de Amorim Neto (UFERSA)
Membro Examinador

Me. Humberto Freire Dias Neto
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me fornecer saúde, capacidade, determinação, resiliência e forças de superar todas as dificuldades com que me deparei no transcorrer do curso e também de me conceder a oportunidade de vivenciar tudo que aconteceu nessa dura e longa jornada para conseguir a realização desse tão sonhado objetivo.

Agradeço exorbitantemente a minha avó, Terezinha Parente de Araújo, que hoje infelizmente não está mais ao meu lado fisicamente, mas está em meu caráter, por toda dedicação, educação e suporte que incansavelmente desde o início da minha jornada até onde pôde me ofereceu, fez o possível e impossível para que esse sonho pudesse ser conquistado.

Agradeço também a minha amada esposa, Luana Dayana Silva Soares Araújo, que esteve sempre ao meu lado me dando apoio, força, compartilhando bons e maus momentos, por sempre depositar confiança e força no meu progresso e por sempre me fazer sentir a pessoa mais amada desse mundo.

Agradeço aos meus pais, Rossivaldo Parente de Araújo e Bruna Leite Frota de Oliveira Medeiros, por terem ficado ao meu lado no momento em que eu mais precisei, esse apoio certamente me manteve de pé nesse momento de fragilidade, e me deu forças pra continuar.

Agradeço ao Prof. Dr. Sc. Marcelo Tavares Gurgel, orientador deste trabalho, pela confiança aplicada, pela grande paciência no desenvolvimento da pesquisa e por todos os subsídios que enriqueceram o trabalho.

Agradeço a Banca Examinadora, Prof. Dr. Marcelo Tavares Gurgel, Prof. Dr. Raimundo Gomes de Amorim Neto, Me. Humberto Freire Dias Neto, por participar da banca de avaliação, pela dedicação de tempo e contribuição com esta pesquisa.

Agradeço a todos que participaram direta ou indiretamente do desenvolvimento deste trabalho de pesquisa, enriquecendo o meu processo de aprendizado e todos com quem convivi ao longo desses anos de curso, que me incentivaram e que certamente tiveram impacto na minha formação acadêmica.

RESUMO

A construção civil exige ampla utilização dos recursos naturais, gerando gradualmente sua escassez, o setor vem almejando por meios que possibilitem tornar mínimo esse e outros fatores, um deles é o bloco celular (BC). O presente trabalho tem como objetivo avaliar a viabilidade técnica e econômica do bloco celular comparado com o bloco cerâmico estrutural (BCE) convencional. O estudo foi realizado entre os anos de 2023 e 2024 em Mossoró/RN. Os blocos celulares foram adquiridos em uma empresa da região, após considerar os 28 dias para garantir a cura completa dos blocos. Fizeram-se os ensaios de resistência a compressão simples e de absorção de água, bem como a análise de viabilidade financeira. Ao final do estudo constatou-se que os blocos celulares tiveram em média 23,33 MPa, e o ensaio de absorção de água gerou o resultado de 29,78%, valores esses que se encontram acima do máximo permitido pelas normas vigentes, consequentemente estão acima do bloco cerâmico estrutural convencional. Embora o bloco celular tenha um custo inicial mais elevado, quando comparado com bloco cerâmico estrutural convencional, sua maior velocidade de produção e as vantagens adicionais de isolamento térmico e acústico podem compensar essa diferença de valor ao longo do tempo.

Palavras chave: Meio ambiente. Resistência à compressão. Custo benefício. Construção civil.

ABSTRACT

Civil construction requires extensive use of natural resources, gradually generating scarcity. The sector has been looking for ways to minimize this and other factors, one of which is the cell block. The present work aims to evaluate the technical and economic viability of the cellular block compared to the conventional structural ceramic block. The study was carried out in the years 2023 and 2024 between the months of December and April in Mossoró/RN. The cell blocks were purchased from a company in the region, after considering the 28 days to ensure complete curing of the blocks. Simple compression resistance and water absorption tests were carried out, as well as financial viability analysis. At the end of the study it was found that the cell blocks had an average of 23.33 MPa, and the water absorption test generated a result of 29.78%, these values are above the maximum allowed by current standards, consequently they are above of the conventional structural ceramic block. Regarding the financial viability analysis, the cellular block presented approximately double the cost of the structural ceramic block.

Keywords: Environment. Compression resistance. Cost benefit. Construction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – autoclaves	pag. 21
Figura 2 – blocos celulares utilizados na pesquisa	pag. 21
Figura 3 – Pesagem do bloco celular seco (A) e saturado (B)	pag. 23

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BC	Bloco Celular
BCC	Bloco Cerâmico Comum
BCCA	Bloco Concreto Celular Autoclavado
BCE	Bloco Cerâmico Estrutural
CPs	Corpos de Prova
CP	Cimento Portland
Dr	Doutor
Prof	Professor
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	11
2.1 GERAL	11
2.2 ESPECÍFICOS.....	11
3. REFERENCIAL TEÓRICO	12
3.1 SOLO	12
3.2 SOLOS PRESENTES NA CIDADE DE MOSSORÓ	13
3.3 CIMENTO PORTLAND.....	14
3.4 CLÍNQUER	15
3.5 POZOLANA.....	16
3.6 BLOCO CELULAR	17
4. COMPARAÇÃO ENTRE OS CUSTOS DO (BC) E DO (BCE)	19
5 METODOLOGIA.....	20
5.1 RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO SIMPLES.....	21
5.2 ABSORÇÃO DE ÁGUA.....	22
5.3 AVALIAÇÃO DOS CUSTOS DE PRODUÇÃO	23
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
6.1 RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO SIMPLES (RCS).....	24
6.2 ABSORÇÃO DE ÁGUA.....	25
6.3 ANÁLISES DOS CUSTOS DE PRODUÇÃO	26
7 CONCLUSÕES	28
8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	29

1. INTRODUÇÃO

Sendo a construção civil um campo que demanda grande utilização dos recursos naturais, é de se esperar que em um dado período os mesmos iniciem sua escassez, gerando assim acréscimos no custo final do produto e avanço dos prejuízos ambientais já existentes. Tendo isso em mente, o setor vem optando por técnicas e produtos que possibilitem minimizar os gastos financeiros e os danos ao meio ambiente (CONSTRUÇÃO, 2024), um desses produtos é o bloco celular (BC), que não precisa de queima do material como o bloco cerâmico para sua produção, utilizando apenas o solo, água e caso necessário algum aditivo e o cimento Portland para sua fabricação.

A introdução da produção e comercialização de blocos celulares estruturais em Mossoró e sua região circunvizinha trazem consigo um potencial promissor como gerador de empregos, particularmente na indústria da construção civil. Essa iniciativa se alinha de forma harmoniosa com as características econômicas locais, as quais são marcadas por uma demanda crescente por habitação e infraestrutura. Adicionalmente, as propriedades dos blocos, tais como sua resistência ao fogo, bem como seu isolamento acústico e térmico, apresentam-se como vantagens distintivas. Esses atributos tornam esses blocos altamente atrativos para os construtores locais, especialmente em uma região onde as altas temperaturas são frequentes e a segurança estrutural é de suma importância (FRANÇA, 2022). Essa introdução não só cria oportunidades de emprego direto e indireto ao longo da cadeia produtiva, mas também pode fortalecer a reputação de Mossoró como um centro de excelência em construção sustentável e tecnologicamente avançada, o que, por sua vez, pode atrair investimentos e impulsionar ainda mais o desenvolvimento econômico regional.

Na produção do bloco celular a areia deve passar pelos procedimentos de coleta, transporte e peneiramento e em seguida ser homogeneizada ao Cimento Portland (CP) e água. Dentro desses procedimentos, os que mais afligem os produtores são: o custo do CP e o de locomoção da areia, que de maneira inevitável ficam cada vez mais custosos. Ao se levar em conta os danos ambientais, devido a emprego edemaciado de recursos naturais pela construção civil, observa-se a necessidade de economia anexa a preservação ambiental, que em Mossoró é oportuno devido a presença de grande abundância de variados solos em sua região, e a possibilidade de uso dos mesmos no bloco celular (DAMASCENO FILHO, 2016).

A utilização do BC tem diversos benefícios em qualquer localidade que seja construída uma obra, devido a sua competência de isolamento acústico (FERRAZ, 2011), sua opção de passagem da instalação elétrica sem a obrigação de quebra da alvenaria devido à

possibilidade de utilização de blocos vazados, além de sua despesa final na obra serem inferior aos tijolos frequentemente usados, em Mossoró devido a sua alta temperatura pode-se sobressair como o maior benefício o isolamento térmico (SALGADO, 2009, mas com a necessidade de aplicação de uma tinta de revestimento impermeabilizante para evitar o excesso de umidade.

Há necessidade de mais estudos com o BC buscando mais economia na produção e adicionar mais possibilidades para a obra do construtor regional, principalmente devido à escassez de informações na literatura.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Avaliar a viabilidade e qualidade do bloco celular produzido em relação ao bloco cerâmico estrutural na cidade de Mossoró – RN.

2.2 ESPECÍFICOS

- Analisar o orçamento de produção do bloco celular;
- Analisar o orçamento de produção do bloco cerâmico comum;
- Analisar a resistência e a absorção de água do bloco celular;
- Comparar o custo e a resistência do bloco celular e do bloco cerâmico comum;

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 SOLO

Segundo a NBR 6502, (1995), os solos são definidos como: Material proveniente da decomposição das rochas pela ação de agentes físicos ou químicos, podendo ou não ter matéria orgânica.

Os solos se originam das rochas da crosta terrestre por agentes físicos e químicos, como alterações de temperatura e penetração de água que geram reações químicas nos minerais. Fatores como congelamento da água, atividade da fauna e flora ocasionam fragmentação dos blocos. Ações como hidratação, hidrólise, lixiviação e troca de cátions ocorrem, sendo mais intensos em climas quentes. Esses processos levam à gênese de solos compostos por partículas segmentadas em tamanho e composição, influenciados pela composição química das rochas originais (PINTO, 2006).

Os solos diferem principalmente em termos de tamanho de partícula, variando de grãos visíveis a olho nu, como pedregulhos e areia, a partículas tão finas que se transformam em uma massa ao serem molhadas. Essa diversidade de tamanhos engloba desde grãos de areia de milímetros até partículas de argila de dimensões microscópicas, como 10 angstroms. Em um solo, partículas de tamanhos diversos coexistem às vezes difíceis de identificar, já que grãos de areia podem estar envoltos por partículas argilosas. A terminologia de classificação do solo inclui categorias de silte, areia e pedregulho, cada uma com limites específicos, enquanto a argila geralmente é especificada por partículas abaixo de 0,002 mm (PINTO, 2006).

A divisão das partículas é feita de acordo com a Tabela 1 abaixo:

Tabela 1: Classificação do solo quanto sua granulometria.

Tabela 1: classificação do solo quanto sua granulometria.

Fração	Limites definidos pela ABNT
Matacão	De 25 cm a 1m
Pedra	De 7,6 cm a 25 cm
Pedregulho	De 4,8 mm a 7,6 cm
Areia Grossa	De 2 mm a 4,8 mm
Areia Média	De 0,42 mm a 2 mm
Areia Fina	De 0,05 mm a 0,42 mm
Silte	De 0,005 mm a 0,05 mm
Argila	Inferior a 0,005 mm

Fonte: (PINTO, 2006).

3.2 SOLOS PRESENTES NA CIDADE DE MOSSORÓ

De acordo com o trabalho de (SANTOS, 2015) na região de Mossoró estão presentes os seguintes tipos de solo: Argissolo, Luvisolo, Planossolo, Vertissolo, Chernossolo, Cambissolo e Latossolo.

Segundo os ensaios e testes feitos por eles, utilizando os Métodos de Análise de Solo da EMBRAPA (2011), o Vertissolo é um solo bastante argiloso (46% argila), já o Argissolo e o Luvisolo são arenosos com respectivamente (84% areia) e (88 a 90% areia) e através do ensaio de casa grande conseguiram obter a Tabela 2.

Tabela 2: Análise limite de liquidez dos solos de Mossoró.

Fonte: Tabela 2: Análise limite de liquidez dos solos de Mossoró.

Identificação	Umidade (kg.kg ⁻¹)	Nº de batidas	WN (%)	LL(%)
Argissolo A	0,00	-	0,00	0,00
Argissolo B	263,22	29	2,63	2,68
Cambissolo	421,04	28	4,21	4,27
Chernossolo	243,73	24	2,44	2,43
Latossolo	136,82	22	1,37	1,35
Luvisolo A	0,00	-	0,00	0,00
Luvisolo O	0,00	-	0,00	0,00
Planossolo	234,83	28	2,35	2,38
Vertissolo	0,00	-	0,00	0,00

Fonte: (SANTOS, 2015).

Na fabricação dos blocos de solo-cimento, utilizar solo arenoso, com um teor de areia superior a 50% e um teor de argila na faixa de 20 a 30%. Pois a argila em excesso torna o solo expansivo podendo causar recalque e trincas nos blocos ou na estrutura como um todo, é importante também evitar a coleta de solo das camadas superficiais, pois estas podem conter um excesso de matéria orgânica, o que prejudica a resistência dos blocos (VIRTUHAB, 2023).

3.3 CIMENTO PORTLAND

O cimento Portland é um pó que se solidifica com a água e se mantém assim após o endurecimento, desempenhando um papel fundamental na criação de concretos e argamassas para construção. A qualidade e as proporções dos materiais usados afetam as características desses produtos, mas o cimento é o componente químico mais ativo, sendo crucial para transformar a mistura de materiais em elementos desejados, como lajes, vigas e revestimentos. Em essência, o cimento é o elemento-chave na produção de estruturas e revestimentos na construção civil (ABCP, 2002).

O surgimento do conceito deste material adveio no século XIX, quando um construtor inglês conhecido como Joseph Aspdin, o patenteou no ano de 1824 na Inglaterra. Naquele período, as construções eram feitas habitualmente com pedra de Portland, que era achada em uma ilha situada no sul do país. Devido ao invento de Aspdin se aproximar a essa pedra tanto em cor quanto dureza, ele registrou a patente do mesmo como cimento Portland (ABCP, 2002).

No que diz respeito a utilização do cimento Portland no setor nacional, a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) assegura que há tempos, havia no Brasil praticamente um único tipo de CP. Com o desenvolvimento das tecnologias e conteúdos técnicos envolvendo o assunto, foram sendo lançados novos modelos. A maior parte dos tipos de cimento Portland atualmente distribuídos no mercado são empregados para o uso geral, contudo, alguns tem atributos e propriedades que os tornam mais adequados para usos mais específicos.

Existem variados tipos de CP que divergem quanto a sua formulação, onde é feito ou não o acréscimo de materiais que admitem essa multiplicidade na sua fabricação. De acordo com EMBRAPA (2011), o CP é composto pelo clínquer e por adições para adquirir características especiais, podendo ser o gesso, os materiais pozolânicos, as escórias de alto forno e os materiais carbonáticos. O clínquer é o componente essencial para a produção do

CP, estando contido em todos os seus tipos. Entre as adições, o gesso é o material mais utilizado, em pequenas quantidades, na proporção de 97 e 3% de clínquer e gesso respectivamente em massa, sendo responsável pelo retardamento do período de pega, impedindo que o cimento perca sua fluidez quase que instantaneamente ao entrar em contato com a água (EMBRAPA, 2011).

É importante escolher um tipo de cimento Portland (CP) que ofereça a resistência necessária para suportar as cargas e condições de serviço esperadas para os blocos celulares, e a escolha do cimento deve levar em consideração os requisitos de resistência do bloco celular, juntamente com isso a finura do cimento Portland pode afetar a trabalhabilidade da mistura e a uniformidade das propriedades dos blocos celulares. Um cimento mais fino pode melhorar a coesão da mistura e contribuir para uma distribuição mais uniforme de ar nas células do bloco, resultando em uma estrutura celular mais homogênea e propriedades mecânicas melhoradas, levando em consideração esses aspectos, o CP pozolânico pode ser o mais indicado, pois ele tem um maior teor de finos além de dar mais impermeabilidade a mistura.

3.4 CLÍNQUER

O clínquer é um material essencial na produção de cimento, e seu processo de fabricação é o mais importante para fornecer as características desejadas. Ele é obtido a partir de materiais primários como calcário e argila, geralmente localizados em jazidas próximas às fábricas de cimento. Inicialmente, o calcário é britado e depois moído, sendo misturado em proporções adequadas com a argila também moída. Essa mistura passa por um forno giratório de altas temperaturas, chegando a atingir 1450°C (ROCHA, 2011).

Nesse ambiente de calor extremo, a mistura é transformada em um novo material chamado clínquer, que se apresenta na forma de pelotas. Após sair do forno, o clínquer, ainda incandescente, é resfriado rapidamente e posteriormente moído até se tornar um pó fino, conhecido como cimento.

Uma característica fundamental do clínquer em pó é sua capacidade de reagir quimicamente com a água. Inicialmente, ele se torna pastoso e em seguida endurece, adquirindo alta resistência e durabilidade. Essa propriedade faz do clínquer um ligante hidráulico extremamente resistente, tornando-o o componente essencial para a formação de concretos e argamassas utilizadas na construção civil. Em resumo, o clínquer é o resultado da transformação das matérias-primas em um material resistido que serve de base para a produção de cimento e, por extensão, na construção de estruturas rígidas (ROCHA, 2011).

Tendo isso em vista, a importância do mesmo no BC é indiscutível, pois sem o clínquer as reações necessárias para garantir uma boa resistência de qualquer bloco incluindo o celular, não aconteceriam.

3.5 POZOLANA

De acordo com a norma NBR 12653 (2014), o termo "pozolana" refere-se a materiais silicosos ou silico-aluminosos. Quando esses materiais são moídos e misturados com água, eles reagem com o hidróxido de cálcio, formando compostos com propriedades de aglomeração. No entanto, é importante notar que, na ausência de água, esses materiais têm pouca ou nenhuma capacidade de aglomeração. Esse conceito normatizado ressalta a importância das pozolanas na formação de compostos aglomerantes quando combinadas com água e hidróxido de cálcio, um processo fundamental na indústria de materiais de construção.

As adições pozolânicas podem ser incorporadas ao cimento Portland durante sua produção, resultando em cimentos como CP II Z ou CP V, ou adicionadas às misturas durante a produção de concretos e argamassas. A inclusão de adições minerais na composição do cimento Portland é agora essencial na indústria cimenteira, devido às vantagens econômicas e ambientais que oferece. Isso se justifica pela redução do consumo de clínquer e pela gestão apropriada de resíduos industriais, o que alinha o cimento Portland com os princípios da sustentabilidade e contribui para a redução do impacto ambiental das empresas que geram resíduos, como exemplos de materiais pozolânicos temos a sílica de casca de arroz, a sílica ativa e o metacaulim.

Além disso, no campo técnico-científico, as adições minerais ativas têm um impacto significativo na cinética de hidratação do cimento Portland e, por meio de atividade química, formam produtos hidratados secundários. Isso resulta na alteração da microestrutura da matriz hidratada, com foco no refinamento dos poros, o que, na maioria das vezes, melhora a durabilidade das obras civis construídas com esses materiais ligantes. Portanto, a incorporação de adições minerais não apenas beneficia a indústria e o meio ambiente, mas também a qualidade e a durabilidade das estruturas construídas com cimento Portland modificado (LOTHENBACH, 2011).

Levando em consideração que o BC também tem uma vertente ecológica, comparado com o bloco cerâmico comum, a pozolana se mostra como um adicional a esse aspecto, dando mais carga ambiental para o mesmo.

3.6 BLOCO CELULAR

O concreto celular, é definido pela NBR 13438 (2013) como:

Bloco de Concreto Celular Autoclavado – Requisitos (2013), como sendo: 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 formação de produtos formadores de gases, água e aditivos, e se for o caso, sendo submetidos à pressão e temperatura através de vapor saturado. O concreto celular autoclavado contém celular fechadas, aeradas e uniformemente distribuídas. (NBR 13438, 2013, p. 1)

O concreto celular é uma variedade de concreto conhecida por sua leveza devido à sua estrutura porosa e aerada, resultantes da injeção de espuma ou agentes expansores durante o processo de produção. Esse material é altamente vantajoso na construção civil por ser mais leve que o concreto tradicional. As pequenas câmaras de ar no interior do concreto celular não apenas conferem leveza, mas também permitem um controle preciso da densidade final do material.

A precisão e a capacidade de manter poros regulares são as principais contribuições do concreto celular para a tecnologia do concreto. A norma NBR 13348 (2013) define o concreto celular como um material leve, obtido através de um processo industrial que envolve uma mistura de materiais calcários, ricos materiais em sílica e granulados finos. A adição de produtos formadores de gases, água e aditivos desencadeia a expansão do concreto, que é submetida à pressão e temperatura por meio de vapor saturado, resultando em blocos de concreto autoclavados com células aeradas e uniformemente distribuídas. Esse processo é essencial para garantir a qualidade e as propriedades desejadas desse material amplamente utilizado na construção civil, sendo estas:

Leveza e Resistência: O concreto celular é significativamente mais leve que o concreto tradicional, com a vantagem de manter uma resistência.

Economia na Construção: Sua leveza reduz os custos com fundações e acelera o progresso da obra, economizando tempo e recursos.

Em uma pesquisa de custos para fechar um pavimento em um edifício multifamiliar, considerando diferentes tipos de blocos. Os resultados revelaram que o uso de blocos de concreto celular autoclavados leva um aumento de 18,05% nos custos da alvenaria. No entanto, esta escolha oferece uma economia significativa de 53% nos gastos com argamassa de assentamento e uma redução impressionante de 260% nos custos com mão de obra (WITZKE, 2015).

Segundo os mesmo autores, além dessas vantagens econômicas, é importante destacar que o processo de fabricação dos blocos de concreto celular autoclavado não emite gases tóxicos relacionados ao meio ambiente. Portanto, ao considerar esses fatores, a escolha por blocos de concreto celular autoclavados não apenas pode ser vantajosa financeiramente, mas também contribui para a preservação ambiental.

Redução do Consumo de Concreto: Devido à sua leveza, o concreto celular requer menos concreto total na construção, resultando na não necessidade de estruturas robustas e pesadas.

Longa Vida Útil e Resistência ao Fogo: Além de resistente a agentes químicos, umidade e fungos, o concreto celular também é resistente ao fogo, oferecendo segurança adicional.

Excelente Isolamento Acústico: A porosidade do concreto celular melhora o desempenho acústico das estruturas, criando ambientes mais silenciosos. O isolamento acústico é a capacidade dos materiais de bloquear a propagação de ondas sonoras de um ambiente para outro. Diferentes materiais têm diferentes eficácias nesse aspecto. De acordo com FERRAZ (2011), o concreto celular é considerado um excelente isolamento acústico devido à sua estrutura aerada, que absorve eficazmente as ondas sonoras e dificulta sua transmissão para outros espaços.

Eficiência Térmica: As propriedades do concreto celular proporcionam um excelente desempenho térmico, tornando-o um ótimo isolamento em edificações.

Por outro lado, o isolamento térmico refere-se à capacidade dos materiais para impedir a transferência de calor de um ambiente para outro. De acordo com SALGADO (2009), o concreto celular é destacado também como um isolante térmico eficaz, sendo incombustível e resistente ao fogo em altas temperaturas, conforme normas de segurança contra incêndio da (EAACA, 2009). Além disso, esse material não emite gases tóxicos em caso de incêndio, proporcionando maior segurança às pessoas.

Segundo um relatório técnico do (IPT, 2009), uma parede construída com blocos de concreto celular autoclavado de 100mm de espessura pode resistir ao fogo por até 180 minutos, demonstrando sua eficácia como isolante térmico em situações de incêndio. Portanto, o concreto celular se destaca como um material versátil que atende tanto às necessidades de isolamento acústico quanto térmico, oferecendo segurança e conforto em diferentes cenários.

4. COMPARAÇÃO ENTRE OS CUSTOS DO (BC) E DO (BCE)

A alvenaria estrutural difere do método tradicional de concreto armado, destacando o exemplo de construção de apartamentos. Enquanto no concreto armado as cargas são inicialmente projetadas para a laje, depois para vigas e finalmente para os pilares e a fundação, na alvenaria estrutural, as próprias paredes desempenham essa função, sem a necessidade de vigas ou pilares. Isso simplifica o processo construtivo (GODOI, 2022).

A adoção da alvenaria estrutural em projetos de edifícios de até quatro pavimentos proporcionou uma redução significativa de até 32% no custo total da obra. Isso deve ter uma série de fatores, como o menor consumo de materiais como o concreto, aço e madeira, devido à ausência de pilares e vigas convencionais. Além disso, a simultaneidade das etapas de construção reduz o tempo de execução, reduzindo custos com mão de obra e encargos trabalhistas (GODOI, 2022).

De acordo com COSTA (2016), o bloco celular é reconhecido por seu desempenho satisfatório em isolamento térmico e leveza, características que o distinguem desde sua origem. Apesar de suas vantagens, este material é pouco empregado na construção civil brasileira.

A fabricação mais comum do bloco celular envolve a incorporação de ar a uma pasta aquosa de cimento, por meio da introdução de agentes como pó de alumínio, magnésio, zinco e outros compostos, os quais, ao reagirem, liberam gases por reação hidrotérmica. Esse processo garante resistência, leveza (400 a 800 kg/m³) e uniformidade dimensional ao material, embora resulte em um custo elevado, o que pode limitar sua viabilidade em determinadas situações (COSTA, 2016).

A maior produtividade dos BCCA também é atribuída à sua regularidade e esquadro extremos, o que resulta em cobrimentos menos espessos durante o revestimento. Além disso, a facilidade de corte, rasgo e perfuração dos BCCA simplifica a execução de alvenarias, instalações elétricas e hidráulicas (CELUCON, 2016).

Um estudo similar a este feito por BIANQUINI (2016) compara custos diretos entre alvenaria com blocos cerâmicos (BC) e alvenaria com blocos de concreto celular autoclavado (BCCA). Constatou-se uma redução nos custos totais ao utilizar BCCA, sendo 2,50% menor para o padrão R1-N e 4,61% para o R16-N. A substituição para BCCA resultou em uma

diminuição de 10,32% nos custos de mão de obra para o R1-N e 13,93% para o R16-N, com um aumento de 3,50% e 1,69% nos custos de materiais, respectivamente. As etapas que mais contribuem para a redução de custos com BCCA são relacionadas à alvenaria de vedação e seu revestimento interno, onde serviços como chapisco e emboço podem ser dispensados de acordo com orientações dos fornecedores e pesquisas bibliográficas.

5 METODOLOGIA

O presente estudo foi conduzido entre os anos de 2023 e 2024 em Mossoró – RN, Latitude: -5.18804, Longitude: -37.3441 5° 11' 17" Sul, 37° 20' 39" Oeste.

A cidade de Mossoró limita-se ao norte com o estado do Ceará e o Município de Grossos, ao sul com os Municípios de Governador Dix-Sept Rosado e Upanema, ao leste Areia Branca e Serra do Mel e a oeste com Baraúna, seu clima é semiárido, com temperatura média mínima de 22,5 °C e, médias máximas de 33.3 °C, e a estimativa da população de Mossoró em 2018 é de 294.076 pessoas (IBGE, 2018).

Foram adquiridos 4 blocos celulares em uma empresa da região de Natal/RN, sendo estes fabricados em autoclaves pressurizados (Figura 1) e em formas metálicas, com medidas de 10x60x30, sendo respectivamente espessura, comprimento e altura (Figura 2) como estabelece a NBR13438 (2013). Os blocos vieram embalados para evitar ou minimizar danos no transporte, além de evitar a perda de umidade para o ambiente, e foram mantidos assim até o dia do ensaio de resistência a compressão (RC), a quantidade de blocos foi limitada a 4, devido o alto custo de obtenção dos mesmos.

Figura 1: Autoclave para blocos celulares.



Fonte: (DVG SICAL) disponível em: <<https://dvgsical.blocosical.com.br/blocos/>>

Figura 2: Blocos Celulares.



Fonte: (Autoria própria)

Devido não ser conhecido à data de fabricação dos blocos, foi aguardado o período de 30 dias para poder executar os ensaios de resistência e de absorção de água, pois dessa forma garante-se o período total de cura de 28 dias para a máxima resistência do bloco.

5.1 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES

O ensaio de resistência à compressão simples (RCS) foi disponibilizado gratuitamente pela Prointest, uma empresa da região, localizada na Rua Genésio Xavier Rebouças, 501, Planalto Treze de Maio em Mossoró/RN, não foi possível realizar o ensaio na UFERSA devido a prensa estar sem as mangueiras dos fluidos para pressurização.

Para a obtenção da RCS segue-se a NBR13439 (1995), ou seja os corpos de prova (CPs) após a cura foram aquecidos em estufa a uma temperatura de 105°C até que em 2 pesagens sucessivas a diferença de peso torne-se igual ou menor a 1g, sendo as pesagens em intervalos de 24 horas, em seguida regularizados com gesso ou enxofre as áreas que foram comprimidas, sendo o ensaio conduzido sem interrupção até a ruptura do CP, seguindo a aplicação de carga de acordo com a Tabela 4.

Tabela 4: Velocidade de compressão com base na classe de blocos celular.

Classe	Velocidade de compressão
C 12 C 15 C 25	0,05 Mpa/s
C 45	0,1 Mpa/s

Obs: o ensaio de compressão deve durar aproximadamente 1 min.

Fonte: (NBR 13439, 1995)

A resistência à compressão (RC) de um bloco é determinada pela média da resistência a compressão dos CPs, e é determinada pela equação abaixo:

$$R_c = \frac{F}{S}$$

Onde:

Rc = resistência à compressão do corpo de prova, em MPa

F = carga máxima suportada pelo corpo de prova, em N.

S = área da seção transversal comprimida, determinada geometricamente, em mm²

Vale ressaltar que a resistência de um bloco celular depende da classe desejada que estejam diretamente ligadas ao nível de carregamento que será necessário suportar em uma obra, os blocos em questão são da classe C25, as mesmas estão descritas na Tabela 5 abaixo:

Tabela 5: Classes de blocos celulares em relação a sua resistência.

Classe	Valor médio mínimo (Mpa)	Menor valor isolado (Mpa)
C 12	1,2	1
C 15	1,5	1,2
C 25	2,5	2
C 45	4,5	3,6

Fonte: (NBR 13439, 1995).

Foi feita a medição de todas as dimensões dos blocos para garantir que estavam dentro do limite de desvio aceitável, com uma trena, além da pesagem.

5.2 ABSORÇÃO DE ÁGUA

O ensaio de absorção de água é crucial para avaliar a capacidade desses blocos de absorver água, o que impacta diretamente em sua durabilidade e desempenho estrutural. Este

ensaio visa determinar a quantidade de água que os blocos celulares autoclavados são capazes de absorver sob condições específicas, fornecendo dados importantes para garantir a qualidade e a segurança das estruturas construídas com esses materiais.

Para obtenção desse resultado foram seguidos os passos padronizados e fornecidos na NBR 12118 (2011), são eles:

Preparação dos corpos de prova: os blocos celulares autoclavados são cortados em amostras de tamanho padronizado.

Secagem inicial: as amostras são secas em estufa a uma temperatura de 105°C até atingirem o peso constante em 2 pesagens consecutivas com intervalo de 24 horas.

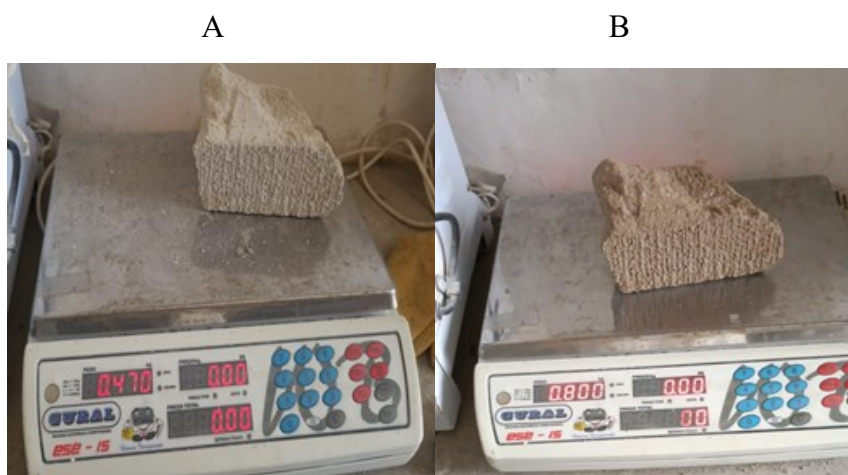
Imersão em água: as amostras são completamente imersas em água por um período de 24 horas.

Peso após imersão: após o período de imersão, as amostras são retiradas, excesso de água é removido e o peso é medido novamente.

Cálculo da absorção de água: A diferença entre o peso inicial e o peso após imersão é utilizada para calcular a absorção de água em percentual.

As pesagens de um dos ensaios podem ser visualizadas nas imagens abaixo:

Figura 3: Pesagem do bloco seco (A) e bloco saturado (B).



Fonte: autoria própria.

5.3 AVALIAÇÕES DOS CUSTOS DE PRODUÇÃO

Para avaliar os custos de produção entre os blocos cerâmicos comuns de 9x19x19 e os blocos cerâmicos estruturais de 14x19x29, adotou-se o método de avaliação do Sistema

Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil - (SINAPI 2024). Este sistema realiza a coleta de dados junto a uma variedade de fontes do setor da construção civil, incluindo empresas atuantes no ramo, tais como construtoras, empreiteiras, fornecedores de materiais de construção e prestadores de serviços relacionados. Além disso, órgãos governamentais, como as Secretarias Estaduais e Municipais de Obras, contribuem fornecendo registros de projetos de construção pública em andamento.

Os dados obtidos abrangem informações cruciais, como os custos associados à contratação de mão de obra e a aquisição de materiais para obras públicas. Adicionalmente, a SINAPI realiza levantamentos periódicos de preços de materiais de construção em diversos estabelecimentos comerciais, como lojas, distribuidoras e atacadistas. Esses levantamentos desempenham um papel fundamental ao monitorar os preços dos insumos utilizados na construção civil, fornecendo insights valiosos para a análise de custos e orçamentos no setor.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO SIMPLES (RCS)

Nos ensaios de RCS, vale ressaltar que a prensa utilizada possui uma capacidade de 100t, e tinha velocidade de aplicação de carga de 0,84 t/s, obtendo os resultados de compressão em toneladas (t), sendo assim, imprescindível a adaptação dos resultados para Mega Pascal (Mpa). Os dados obtidos foram de 12,87 ; 14,80 ; 13,22 ; 13,27 conforme se verifica na Tabela 6:

Tabela 6: Resultado da média do ensaio de RCS.

Área de carregamento (mm²)	Cargas (TON)	Cargas de ruptura (N)	Resistência individual (MPa)	Resistência media (MPa)
5674,5017	12,87	126254,7	22,25	23,33
5674,5017	14,8	145188	25,59	
5674,5017	13,22	129688,2	22,85	
5674,5017	13,77	135083,7	23,81	

Fonte: (Prointest)

A RCS dos blocos em média não atingiu o valor de 25 MPa mínimo exigido pela norma para sua classe (NBR 13439, 1995), no que diz respeito ao bloco cerâmico, o mesmo pode ser encontrado comumente no mercado com resistências entre 4,5 e 6 MPa, e em algumas obras verticais com vários pavimentos podem ser encontrados com 10, 15 ou até 18 MPa segundo a UFRGS, evidenciando dessa forma que até em seu modelo com maior resistência o bloco cerâmico não ultrapassa 20 MPa, já o celular possui versões com resistência acima disso, e dependendo da necessidade pode ser interessante utilizar o BC, referente ao resultado do ensaio do BC, os valores obtidos podem ter ocorrido devido o transporte dos blocos entre Natal/RN e Mossoró/RN, o transporte dos blocos de uma cidade para outra pode resultar em impactos físicos, vibrações e outros tipos de danos que comprometem a integridade dos blocos. Esses danos podem levar à formação de fissuras ou trincas internas nos blocos, reduzindo sua resistência (BOECHAT, 2021).

Natal e Mossoró têm diferentes condições climáticas, como temperatura e umidade relativa do ar. Essas variações ambientais podem ter afetado o processo de cura dos blocos após a fabricação, influenciando diretamente em sua resistência final, além disso, o armazenamento dos blocos é essencial garantir condições adequadas para a cura dos BCs, se estes blocos não foram armazenados corretamente em Mossoró ou as temperaturas tiverem sido elevadas antes dos ensaios, isso pode ter afetado sua resistência (JUNIOR, 2016).

Outro ponto a se considerar é que pequenas variações nos materiais utilizados na fabricação dos blocos ou no processo de produção podem resultar em diferenças na resistência dos blocos finais. Isso pode incluir variações na composição do concreto celular, na proporção de agregados, na dosagem de aditivos ou na técnica de cura dos blocos.

Seria importante realizar novas análises mais criteriosas de todos esses aspectos para identificar as possíveis causas da diferença na resistência dos blocos celulares ensaiados e, se necessário, implementar medidas corretivas para garantir a qualidade dos produtos finais.

6.2 ABSORÇÃO DE ÁGUA

Os resultados do ensaio de absorção de água foram 29,78, 26,50, 28,90 e 27,80%. Utilizando os resultados obtidos nas pesagens tem-se que a absorção de água dos blocos é de 28,34% em média, sendo o limite máximo de 20% segundo a NBR 12118 (2011). É evidente que os blocos ultrapassaram esse limite, sendo necessária a aplicação de algum produto impermeabilizante, para evitar ou minimizar a infiltração, além de outras utilizações do mesmo que não exijam tanto do atendimento a este aspecto, como em muros externos,

paredes corta fogo entre outros, já o bloco cerâmico seguindo a norma NBR 15270_1 (2005) deve ter sua absorção de água entre 8 e 20%, desta forma, vemos que o BC é inferior neste quesito.

Assim como no caso da resistência a compressão, pode-se considerar o mau armazenamento e transporte dos blocos, como possível causa dessa absorção elevada, além da não utilização de material adequando, como falada anteriormente, um cimento Portland (CP) com adição de pozolana, pode ser o ideal para este tipo de bloco, sendo assim, o fato de não ter sido utilizado esse tipo de CP já contribui para o aumento desse índice.

Também é importante reforçar que as condições climáticas da região de Mossoró também pode ter interferido na cura do BC, tendo em vista que a média de temperatura em Mossoró é de 27,6°C e a de umidade é de 68,3%, havendo dessa forma condições propícias a uma cura de baixa qualidade (SILVA, 2014).

Contudo, considerando que o bloco celular (BC), possui um agente espumante como aditivo para sua fabricação, e que a ideia do mesmo é de realmente possuir vazios no interior do bloco, para suas eventuais características já citadas, como isolamento térmico, acústico e leveza, já era esperado um valor elevado de absorção de água em comparação com blocos comuns, mas claramente pode ter tido uma acentuação devido aos fatores citados acima.

6.3 ANÁLISES DOS CUSTOS DE PRODUÇÃO

Ao se analisar os custos de produção do bloco cerâmico comum (9x19x19) cm e o estrutural para alvenaria de vedação, os resultados encontrados para o bloco cerâmico comum foram de R\$ 73,32 por m² com preparação em betoneira e R\$ 74,24 com preparação manual.

Já utilizando o bloco cerâmico estrutural de (14x19x29), que foi escolhido por ter dimensões próximas do bloco celular feito quando alinhado em pares, sendo (14x19x58) cm o valor seria de R\$ 77,16 com preparo em betoneira e R\$ 78,91 com preparo manual.

Tendo como base a composição de alvenaria de bloco de concreto convencional e substituindo o valor do mesmo de R\$ 87,16 pelo do bloco celular de R\$ 132,77 por m² considerando o valor do bloco de R\$ 23,90 com 0,18 m², e levando em consideração que o tempo de aplicação do bloco celular ser muito mais rápido do que qualquer um dos exemplos, foi considerada metade do tempo de trabalho de um pedreiro da composição, sendo R\$ 12,72, sendo assim o valor total ficou de aproximadamente R\$ 154,26.

É notória a diferença de custo por metro quadrado entre o bloco cerâmico e o celular, sendo essa diferença de aproximadamente R\$ 80,00, praticamente o dobro, levando-se em

consideração a velocidade de produção do bloco celular por causa da leveza do bloco, tendo o menor tempo para o término de uma alvenaria completa, pode ser economizado vários dias de serviço o que baratearia o valor total da obra no final, sem contar as vantagens adicionais de isolamento acústico e térmico que o bloco celular proporciona principalmente para a cidade de Mossoró onde as temperaturas são altas, podendo compensar essa diferença de valor entre o BC e o BCC.

É importante ressaltar que as composições utilizadas como referência foram:

Cód 103328 – alvenaria de vedação de blocos cerâmicos furados na horizontal de 9x19x19 cm (espessura 9cm) e argamassa de assentamento com preparo em betoneira – R\$ 73,32.

Cód 103329 – alvenaria de vedação de blocos cerâmicos furados na horizontal de 9x19x19 cm (espessura 9cm) e argamassa de assentamento com preparo manual – R\$ 74,24.

Cód 89306 – alvenaria estrutural de blocos cerâmicos, 14x19x29 cm (espessura 14 cm) utilizando colher de pedreiro e argamassa de assentamento com em betoneira – R\$ 77,16.

Cód 89307 – alvenaria estrutural de blocos cerâmicos, 14x19x29 cm (espessura 14 cm) utilizando colher de pedreiro e argamassa de assentamento com preparo manual – R\$ 78,91.

Cód 89480 – Alvenaria de blocos de concreto estrutural 14x19x29 cm (espessura 14 cm) 14Mpa utilizando colher de pedreiro

- 34564 Bloco de concreto estrutural 14x19x29 cm UND : 15,19 – 82,32
- 38592 Meio bloco de concreto estrutural 14x19x29 cm UND : 1,52 – 4,84
- 38599 Canaleta de concreto estrutural 14x19x29 cm UND : 1,27 – 8,01
- 88309 Pedreiro com encargos complementares H : 1,13 – 25,45
- 88316 Servente com encargos complementares H : 1,13 – 21,18
- 88626 Argamassa traço 1:0,5:4,5 m³ : 0,0187 – 8,77

Total da composição: 150,57

7. CONCLUSÕES

A absorção de água dos blocos celulares excedeu o limite máximo estabelecido pela norma, indicando a necessidade de aplicação de produtos impermeabilizantes.

A análise da resistência à compressão simples revelou que os blocos celulares apresentaram uma média de resistência abaixo do valor mínimo exigido pela norma vigente, destaca-se então a necessidade de controlar melhor o processo de fabricação, com uma melhor escolha do cimento Portland (CP) e um cuidado maior no transporte do material, além de uma armazenagem cuidadosa, levando em consideração a maior quantidade de fatores prejudiciais a cura do BC.

A análise da viabilidade financeira comparativa entre o bloco celular e o bloco cerâmico estrutural revelou que o bloco celular teve praticamente o dobro do custo por metro quadrado. Embora o bloco celular tenha um custo inicial mais elevado, sua maior velocidade de produção e as vantagens adicionais de isolamento térmico e acústico podem compensar essa diferença de valor ao longo do tempo, especialmente em regiões semiáridas, onde as altas temperaturas são um desafio.

Sugere-se a realização de estudos mais detalhados utilizando um maior número de amostras e considerando outros fatores que podem influenciar na produção dos blocos celulares.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AGRONOMIA, CONTECC, 2015, Fortaleza/Ce, 15 set. 2015. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/283535548/Analise-Do-Limite-de-Liquidez-Dos-Solos-de-Mossoro-rn-Para-Fins-Da-Engenharia-Civil>. Acesso em: 27 set. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND – ABCP. Guia básico de utilização do cimento Portland. Publicações, ABCP. São Paulo, SP, 2002. 28 p

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT NBR 12118: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria. Rio de Janeiro, 2011. 19 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12653/2014: Materiais pozolânicos – Requisitos. Rio de Janeiro, 2014

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13438: Blocos de concreto celular autoclavado - Requisitos. 2 ed. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT NBR 13439: Blocos de concreto celular autoclavado - verificação da resistencia a compressão. Rio de Janeiro, 1995. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15270-2: Componentes cerâmicos Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Terminologia e requisitos. 1 ed. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6502: Rochas e Solos – Terminologia. Rio de Janeiro, 1995. 18p.

BIANQUINI, Fernanda Manenti; DARÉ, Mônica Elizabeth. **Estudo Comparado dos custos diretos entre os sistemas de vedação com alvenaria de blocos cerâmicos e com alvenaria de blocos de concreto celular autoclavado**. 2016. 22 f. TCC (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense - Unesc, Serra, 2016. Disponível em: <http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/4971/1/FernandaManentiBianquini.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2024.

BOECHAT, Marcus Vinicius. **Análise das perdas de resistência característica a compressão Axial pelo mecanismo de transporte**. 2021. 21 f. Tese (Doutorado) - Curso de Tecnologia das Construções e Estruturas, - Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2021.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL (Brasília/Df). IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (comp.). **SINAPI Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil**. 2024. Disponível em: https://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-composicoes-aferidas-sumario-composicoes-aferidas/SUMARIO_DE_PUBLICACOES_E_DOCUMENTACAO_DO_SINAPI.pdf. Acesso em: 18 jan. 2024.

CELUCON, **módulos de concreto celular**. 2016. Disponível em: <https://celucon.com.br/>. Acesso em: 22 jan. 2024.

CONSTRUÇÃO, Mobuss. **Principais impactos ambientais da construção civil e como evitá-los**: gerenciamento de obras, sustentabilidade. Disponível em: <https://www.mobussconstrucao.com.br/blog/impactos-ambientais-da-construcao-civil/>. Acesso em: 03 jan. 2024.

CONSTRUTORA LAGUNA (Curitiba/Pr). **A eco eficiência na construção de um futuro mais sustentável**. 2022. Disponível em: <https://blog.construtoralaguna.com.br/construtora/sustentabilidade/a-ecoeficiencia-na-construcao-de-um-futuro-mais-sustentavel/#:~:text=O%20conceito%20de%20ecoefici%C3%Aancia,poluentes%20e%20o%20descarte%20respons%C3%A1vel..> Acesso em: 25 dez. 2023.

COSTA, Odivan de. **Estudo de viabilidade técnica: Alvenaria de Vedação com Blocos Cerâmicos Vazados na Horizontal versus Alvenaria de Blocos de Concreto Celular Autoclavados**. 2016. 16 f. TCC (Graduação) - Curso de Curso de Mba Gerenciamento, Tecnologia e Qualidade da Construção Civil, Instituto de Pós-Graduação - Ipog, Porto Alegre, 2016.

DAMASCENO FILHO, F. E. **Confecção de tijolos de solo-cimento a partir de cambissolo e chernossolo na cidade de Mossoró-rn**. 2016. 57 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2016.

EAACA.org Fire Resistance. Disponível em: http://www.eaaca.org/eaaca//index.php?option=com_content&task=view&id=43&Itemid=79>. Acesso em set. 2023.

EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ)**. Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2011

FERRAZ, Fabiana de Carvalho. **Comparação dos Sistemas de Alvenaria de Vedação: Bloco de Concreto Celular Autoclavado x Bloco Cerâmico**. 2011. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

FERREIRA, O. A. R. **Concreto celulares espumosos**. Boletim Técnico do Departamento de Engenharia da Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade São Paulo, v. BT – PCC 1, p. 20, 1987.

FRANÇA, Aline Poliana Pereira De; MORAES, Cristiane cerqueira de; **Análise de viabilidade da utilização de alvenaria com bloco de concreto celular autoclavado na construção civil**. Sao Paulo: Editora Ft Ltda., 21 nov. 2022.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE. Mossoró, RN. 2018. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/mossoro/panorama?fbclid=IwAR1MsgOizw0bO4fzckhU9f66wTns3pV_6J_yxl-vIx3F2r1BsJUzmDof8_I>.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO
S.A. Parede de vedação em blocos cerâmicos. São Paulo: IPT, 1988. 53p.

LOTHENBACH, B.; SCRIVENER, K.; HOOTON, R. D., “**Supplementary cementitious materials**”, **Cement and Concrete Research**, v. 41, n. 12, pp. 1244-1256, December 2011.

MÁRIO JOSÉ DE GODOI (Brasil) (org.). **Preços da construção civil atingem maior índice desde junho de 2021**. 2022. 23/06/2022. Disponível em: <http://www.tribunadonorte.com.br/noticia/prea-os-da-construa-a-o-civil-atingem-maior-a-ndice-desde-junho-de-2021/541266>. Acesso em: 29 set. 2023.

PINTO, C. de S. **Curso Básico de Mecânica dos Solos em 16 aulas**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

ROCHA, Sônia Denise Ferreira; LINS, Vanessa de Freitas Cunha; SANTO, Belinazir Costa do Espírito. **Aspectos do coprocessamento de resíduos em fornos de clínquer**: engenharia sanitária e ambiental. Engenharia sanitária e ambiental. 2009. Publicado em 15 de abril de 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/3FybtBWKMpCPqCKSXhVnQvp/?format=html#>. Acesso em: 07 mar. 2024.

SALGADO, Júlio César Pereira. **Técnicas e práticas construtivas para edificações**. São Paulo: Érica, 2009.

SANTOS, Joziani Nunes dos; GURGEL, Marcelo Tavares; FERNANDESSOARES, Silvio Roberto; COSTA, Lucas Ramos da; LIMA, Jerfson Moura. **Análise do limite de liquidez dos solos de Mossoró-rn para fins da engenharia civil**. Congresso Técnico Científico da Engenharia.

SILVA, Sabrina Aiecha de Oliveira. **Análise das variáveis meteorológicas no município de Mossoró-rn (1970-2013)**. 2014. 46 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Agrônoma, Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2014.

TECHNOLOGIES, E. C. **Autoclaved aerated concrete**. Disponível em: <<https://rebar.ecn.purdue.edu/ect/links/technologies/civil/autoclaved.aspx>>. Acesso em: 22/09/2023.

UFRGS - UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL (Porto Alegre). Nbr 15812_2 (ed.). **Alvenaria Estrutural: blocos e tijolos cerâmicos**. Blocos e Tijolos Cerâmicos. Disponível em: https://lume-re-demonstracao.ufrgs.br/alvenaria-estrutural/blocos_ceramicos.php#resistencia. Acesso em: 24 abr. 2024.

UFSC - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA (Brasil). **Alvenaria de Bloco de Solo-Cimento**. Portal Virtuhab. Disponível em: <https://portalvirtuhab.paginas.ufsc.br/alvenaria-de-bloco-de-solo-cimento/#:~:text=Para%20a%20produ%C3%A7%C3%A3o%20dos%20blocos,compromete%20a%20resist%C3%A4ncia%20dos%20blocos..> Acesso em: 25 set. 2023.

VALIN JUNIOR, Marcos de Oliveira *et al.* **Influência de diferentes climas urbanos na qualidade do concreto.** 2016. 56 f. TCC (Doutorado) - Curso de Ciência e Tecnologia, Instituto Federal de Educação do Mato Grosso, Cuiabá, 2016.

WITZKE, F. B. **Análise técnico-econômica dos blocos de concreto celular autoclavado na alvenaria de vedação.** R. Eng. Constr. Civ., Curitiba, v. 3, n. 2, p. 20-33, jul./dez. 2015. Disponível em:
<<http://revistas.utfpr.edu.br/ct/recc/index.php/recc/article/view/41>>. Acesso em: 30 set. 2023.