

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
Programa de Pós-graduação em Conforto Ambiental, Eficiência Energética e
Tecnologias Construtivas Sustentáveis

Julia Botelho Scarpellini

COORDENAÇÃO MODULAR COMO PROPOSTA PARA NOVO CRÉDITO
PILOTO DA CERTIFICAÇÃO LEED: Uma estratégia ambiental e mercadológica

Belo Horizonte
2025

Julia Botelho Scarpellini

**COORDENAÇÃO MODULAR COMO PROPOSTA PARA NOVO CRÉDITO
PILOTO DA CERTIFICAÇÃO LEED: Uma estratégia ambiental e mercadológica.**

Monografia apresentada ao curso de Especialização em Sustentabilidade em Cidades, Edificações e Produtos da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de especialista em Cidades, Edificações e Produtos.

Área de concentração: Arquitetura sustentável

Orientador: Karla Cristina de Freitas Jorge
Abrahão

Belo Horizonte
2025

ATA DA REUNIÃO DA COMISSÃO EXAMINADORA DE TRABALHO DE MONOGRAFIA DA ALUNA JULIA BOTELHO SCARPELLINI COMO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DO CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM CONFORTO AMBIENTAL, EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E TECNOLOGIAS CONSTRUTIVAS SUSTENTÁVEIS.

Às 18:00hs. do dia 12 de junho de 2025 reuniu-se na Sala 200 da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, a Comissão Examinadora composta pela *Profa. Dra. Karla Cristina de Freitas Jorge Abrahão* - Orientadora-Presidente e pela *Profa. Me. Grace Cristina Roel Gutierrez*, como membro titular, designada pela Comissão Coordenadora do Curso de Especialização em Conforto Ambiental, Eficiência Energética e Tecnologias Construtivas Sustentáveis, para avaliação da monografia intitulada *“Coordenação Modular como proposta para novo crédito piloto da certificação LEED: Uma estratégia ambiental e mercadológica”* de autoria da aluna *Julia Botelho Scarpellini* como requisito final para obtenção do Certificado de Especialista em Conforto Ambiental, Eficiência Energética e Tecnologias Construtivas Sustentáveis. A citada Comissão examinou o trabalho e, por unanimidade, concluiu que a monografia atende às exigências para a obtenção do Certificado de Conclusão do Curso, atribuindo ao trabalho o conceito A/100. A Comissão recomenda que seja encaminhado 01 (um) exemplar digital ao Repositório da UFMG, após as correções sugeridas.

Belo Horizonte, 12 de junho de 2025.

Documento assinado digitalmente
 KARLA CRISTINA DE FREITAS JORGE ABRAHÃO
Data: 16/06/2025 18:36:39-0300
Verifique em <https://validar.br.gov.br>

Profa. Dra. Karla Cristina de Freitas Jorge Abrahão
Orientadora-Presidente

Documento assinado digitalmente
 GRACE CRISTINA ROEL GUTIERREZ
Data: 20/06/2025 17:13:23-0300
Verifique em <https://validar.br.gov.br>

Profa. Me. Grace Cristina Roel Gutierrez
Membro Titular

Aos meus pais, Consuelo e Márcio; e meu avô Sebastião, pelo incentivo aos estudos e amor incondicional; ao meu grande amor, Henrique, por seu apoio, segurança e companheirismo.

“De tanto ver, a gente banaliza o olhar.
Vê não vendo.”
(Adélia Prado)

RESUMO

A Coordenação Modular é um sistema que busca promover a compatibilidade e a integração entre os diversos componentes construtivos ao longo de todo o ciclo de uma edificação, desde a concepção até a execução da obra. Esta pesquisa parte do reconhecimento de que, apesar de seus benefícios, essa ferramenta ainda é pouco aplicada no Brasil, cuja realidade é atribuída à resistência do mercado, à escassa oferta de materiais modulares e à limitada familiaridade de arquitetos e engenheiros com o tema. A partir desse contexto, o trabalho investiga as possíveis sinergias entre os objetivos e estratégias da certificação LEED e os princípios do sistema modular, como a padronização de componentes, a redução de resíduos e a racionalização de processos construtivos. Como resultado, propõe-se a criação de um novo crédito piloto na certificação LEED BD+C, voltado à valorização da Coordenação Modular como diretriz de projeto sustentável. A proposta estabelece critérios de avaliação que abrangem desde a definição de grelhas modulares, uso de ferramentas BIM e especificação de materiais industrializados, até estratégias de planejamento e gestão da obra. Ao vincular a aplicação da modulação à obtenção de pontos na certificação, espera-se estimular sua adoção em diferentes tipologias construtivas, incentivar a revisão e atualização das normas técnicas brasileiras e impulsionar sua aceitação no mercado da construção civil.

Palavras-chave: coordenação modular; certificação ambiental; LEED; resíduos; desenvolvimento sustentável.

ABSTRACT

Modular Coordination is a system that aims to promote compatibility and integration among various building components throughout the entire lifecycle of a construction project, from the design phase to the execution of the work. This research is based on the recognition that, despite its benefits, this approach is still rarely applied in Brazil—a situation attributed to market resistance, the limited availability of modular materials, and the lack of familiarity with the subject among architects and engineers. Within this context, the study explores possible synergies between the goals and strategies of the LEED certification system and the principles of modular coordination, such as component standardization, waste reduction, and the rationalization of construction processes. As a result, the study proposes the creation of a new pilot credit in the LEED BD+C certification, aimed at promoting modular coordination as a guideline for sustainable design. The proposal outlines evaluation criteria that encompass the definition of modular grids, the use of BIM tools, the specification of industrialized materials, and strategies for construction planning and management. By linking the implementation of Modular Coordination to the attainment of certification points, the aim is to encourage its adoption in various building typologies, promote the revision and update of Brazilian technical standards, and boost its acceptance in the construction market.

Keywords: modular coordination; environmental certification; LEED; construction waste; sustainable development.

LISTA DE FIGURAS

Quadro 1	Relação entre os ODS e os benefícios da Coordenação Modular na construção civil	17
Figura 1	Sistema de referência	24
Figura 2	Reticulado modular espacial de referência	25
Figura 3	Quadriculados modulares M, 5M e 40M	26
Figura 4	Medida modular, medida nominal, espaço modular e ajuste modular	27
Figura 5	Zona neutra com blocos girados	28
Figura 6	Lista de verificação da categoria Materiais e Recursos	36
Figura 7	Lista de verificação da categoria Inovação e Processos	37
Figura 8	Lista de verificação da categoria Prioridade Regional	38
Quadro 2	Atores envolvidos na promoção da Coordenação Modular	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ABREMA	Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente
ACV	Análise de Ciclo de Vida
AEP	Agência Europeia de Produtividade
AIE	Agência Internacional de Energia
BD+C	<i>Building Design + Construction</i>
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
BNH	Banco Nacional de Habitação
EC	Economia Circular
EUA	Estados Unidos da América
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
LEED	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>
LSF	<i>Light Steel Frame</i>
M	Módulo-base
MEHIS	Habitações Sustentáveis com Melhoria dos Processos Tradicionais
NBR	Norma Brasileira
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
RCC	Resíduos da Construção Civil
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
U.S.GBC	<i>United States Green Building Council</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Justificativa	12
1.2 Objetivos	12
2 DESAFIO NA REDUÇÃO DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	15
2.1 Desperdício	15
2.2 Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável	16
2.3 Taxonomia Sustentável Brasileira	18
2.4 Economia circular	18
3 COORDENAÇÃO MODULAR EM PROJETOS SUSTENTÁVEIS	20
3.1 Arcabouço histórico	20
3.2 Teorias e objetivos da Coordenação Modular	21
3.3 Normalização da Coordenação Modular No Brasil.....	21
3.4 O Módulo.....	23
3.5 Instrumentos da Coordenação Modular	24
3.5.1 O sistema de referência	24
3.5.2 O sistema modular de medidas	25
3.5.3 O sistema de ajustes e tolerâncias.....	26
3.5.4 O sistema de números preferenciais	27
3.6 Benefícios e impactos positivos	28
3.7 Segmentos da indústria.....	29
3.8 BIM como ferramenta de auxílio no sistema modular	31
3.9 Desafios da aplicação do sistema	31
4 A CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL COMO FERRAMENTA DE INCENTIVO	34

4.1	Histórico e evolução da certificação LEED.....	34
4.2	Categorias de avaliação	34
4.2.1	Materiais e Recursos.....	35
4.2.2	Inovação e Processos	37
4.2.3	Prioridade Regional.....	38
4.3	Impacto da certificação ambiental na construção civil.....	38
4.4	Aplicações no Brasil.....	39
5	MÉTODO.....	41
5.1	Coordenação Modular e LEED.....	41
5.2	Proposta de nova categoria de avaliação LEED	42
6	RESULTADOS.....	45
6.1	Fase Projeto	45
6.2	Fase de execução de obra	46
6.3	Pontuação	46
6.4	Template de Documentação do crédito Inovação: Coordenação Modular	46
6.5	Atores envolvidos na Coordenação Modular.....	47
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
	REFERÊNCIAS.....	52
	APÊNDICE A – Apresentação do crédito piloto para coordenação Modular	58
	APÊNDICE B – Template de documentação de crédito piloto para Coordenação Modular.....	59
	ANEXO A – Designing with nature, biophilic design for the indoor environment pilot credit	62

1 INTRODUÇÃO

A Coordenação Modular se tornou um assunto presente na arquitetura brasileira nos anos 50 e pode ser definida como uma forma de simplificar e inter-relacionar grandezas e diferentes objetos de procedência distinta, que devem ser unidos na etapa de construção, com o mínimo de ajustes ou modificações (Mascaró, 1976). Esse método, traz um melhor aproveitamento dos componentes construtivos e, por consequência, otimização do consumo de matérias-primas, de consumo energético na produção e, por fim, de eliminação de sobras em função dos inúmeros cortes que sofrem na etapa de construção (Greven; Baldauf, 2007).

Com o advento da Revolução Industrial, países como França, Inglaterra e Estados Unidos passaram a vivenciar um contexto favorável à adoção da Coordenação Modular em suas edificações. Desde então, a técnica modular tem sido amplamente aplicada em nações desenvolvidas, consolidando-se como um método construtivo padrão. Em contraste, o Brasil ainda mantém predominantemente um modelo de construção artesanal e de baixa incorporação tecnológica, o que dificulta a disseminação do sistema modular, apesar de o tema já ser discutido há várias décadas no país (Crespo, 2017).

Quando analisamos o cenário da construção civil no Brasil, é possível observar o alto índice de desperdício de materiais e recursos gerado no canteiro de obras. Segundo relatório emitido pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA, os resíduos de construção e demolição representam de 50% a 70% de todos os resíduos sólidos no ambiente urbano (Fernandez, 2012). Atrelado a esse problema, questões relacionadas à racionalização e preservação de recursos naturais, passam a ser cada vez mais frequentes na nossa sociedade e refletem uma preocupação crescente no mercado de edificações (Melo Neto, 2019).

Nesse contexto, certificações ambientais como a *Leadership in Energy and Environmental Design* - LEED desempenham um papel fundamental ao estabelecer critérios que promovem a eficiência energética, o uso responsável dos recursos naturais e a redução de resíduos nas edificações. Essa certificação, desenvolvida pelo *U.S. Green Building Council* - U.S.GBC, é reconhecida mundialmente por incentivar a adoção de estratégias sustentáveis em todas as fases do ciclo de vida dos edifícios.

A integração dessas certificações nos projetos arquitetônicos não apenas contribui para a sustentabilidade ambiental, mas também agrega valor econômico e social às edificações, alinhando-se às demandas contemporâneas por construções mais responsáveis e eficientes.

1.1 Justificativa

Este trabalho se justifica pela relevância da Coordenação Modular como uma estratégia eficaz para a redução do desperdício de materiais na construção civil. Além de contribuir para o uso mais racional dos recursos, essa técnica também tem o potencial de diminuir significativamente os custos e o tempo de execução das obras. Nesse sentido, a certificação LEED pode atuar como um importante mecanismo de incentivo à adoção do sistema modular ao alinhar interesses ambientais e econômicos. Com a possibilidade de reconhecer e valorizar práticas modulares, a certificação pode estimular a adesão do mercado da construção civil e promover a difusão da modulação em diferentes escalas e tipologias de projetos.

1.2 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é propor a incorporação da Coordenação Modular como um novo crédito piloto na certificação LEED, com o intuito de fomentar a adoção do sistema modular na construção civil. A proposta busca destacar os benefícios dessa metodologia, especialmente no que diz respeito à redução de desperdícios, ao aumento da eficiência no uso de materiais e à melhoria no controle e no planejamento das etapas construtivas.

Nesse contexto, estabelecem-se os seguintes objetivos específicos:

- Identificar as principais estratégias aplicáveis à concepção de projetos baseados na Coordenação Modular, bem como os principais desafios enfrentados em sua implementação;
- Compreender a estrutura e a metodologia da certificação ambiental LEED;
- Desenvolver uma proposta de pontuação específica na certificação LEED para projetos que adotem a Coordenação Modular como diretriz projetual e

construtiva;

- Analisar os possíveis impactos e resultados decorrentes da implementação do novo crédito no âmbito da certificação.

Para tanto, alguns procedimentos metodológicos são necessários na elaboração desse conjunto de estratégias. Inicialmente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica a fim de investigar e construir um referencial teórico sobre os problemas ambientais enfrentados em decorrência do setor da construção civil e sobre a Coordenação Modular e os atuais desafios para se adotar a técnica. Posteriormente, foi feita uma análise da certificação LEED para compreender seus parâmetros e o esquema de pontuação existente para a elaboração de uma estratégia de incentivo do uso da Coordenação Modular dentro desse sistema.

O trabalho se divide em seis capítulos, seguidos da conclusão. O Capítulo 2, explora os desafios na redução de geração de resíduos sólidos na construção civil, abordando o desperdício de materiais que ocorre nas obras. Adicionalmente, é dada ênfase nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS, na Taxonomia Sustentável Brasileira e na Economia Circular - EC que permeiam o assunto através de metas e estratégias para mitigar tal problema.

No Capítulo 3 é apresentado o funcionamento do sistema de Coordenação Modular, a partir da análise de suas bases teóricas, dos principais conceitos envolvidos, das vantagens associadas à sua aplicação e da norma técnica vigente sobre o tema, a NBR 15.873/2024. Em seguida, são discutidos os principais desafios enfrentados para a adoção dessa metodologia, considerando tanto aspectos técnicos quanto limitações do mercado e da cultura projetual no Brasil.

No Capítulo 4, é explorada a certificação ambiental LEED, abordando seu histórico de evolução, o funcionamento do sistema de pontuação, suas categorias e os critérios que apresentam compatibilidade com a Coordenação Modular. Também são analisados os impactos gerados desde a implementação do sistema, bem como as principais críticas direcionadas a esse modelo de certificação, oferecendo uma visão abrangente sobre seus benefícios e limitações.

A proposta de inclusão da Coordenação Modular como crédito piloto no sistema de certificação LEED é apresentada no Capítulo 5. Nesse tópico, são sugeridos critérios

de avaliação específicos para o novo crédito, além de discutida a viabilidade de sua aplicação no contexto da certificação ambiental. Por fim, o Capítulo 6 trata dos resultados esperados com a implementação dessa proposta, assim como das possíveis consequências de reconhecer e pontuar essa estratégia projetual no sistema LEED.

2 DESAFIO NA REDUÇÃO DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

2.1 Desperdício

Em 2021, o Brasil produziu 48 mil toneladas de Resíduos de Construção Civil - RCC, de acordo com uma pesquisa feita pela Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2021). Uma quantidade 2,9% maior que o ano anterior e correspondente a 30% dos resíduos sólidos produzidos no país.

Segundo um estudo realizado pela Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente - ABREMA, o Brasil gerou 45 mil de toneladas de RCC apenas no ano de 2022. A região Sudeste foi a que mais contribuiu com este panorama, apresentando 50,6% dos descartes (ABREMA, 2023).

O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – PNUMA (2022) apontou por meio de um relatório de *Global Status Report* de 2022, que as emissões de dióxido de carbono (CO₂) do setor civil bateram o recorde de 10 bilhões de toneladas em 2021, 5% maior que no ano anterior. Já o *Global Status Report* de 2019, feito pela Agência Internacional de Energia – AIE (2019), relatou que a construção civil foi responsável por 36% do uso final de energia e 39% das emissões de dióxido de carbono relacionadas a energia e processos em 2018.

Dentro dos valores citados acima, em média, 30% dos materiais adquiridos para construção de uma obra no país são descartados (ABRELPE, 2022). Podemos concluir, que na maioria das construções brasileiras há o custo da compra, do transporte, da destruição, da coleta e da remoção. Além disso, há o gasto com o excesso de materiais, que são adquiridos e descartados sem sequer serem utilizados.

Além do mercado da construção se enquadrar em um modelo de economia linear, de acordo com Vieira *et.al* (2019), os grandes responsáveis pelo alto desperdício de RCC são os engenheiros civis, seguidos por arquitetos, técnicos de edificações e auxiliares.

Contudo, é possível notar a pouca quantidade de estudos e soluções que procuram diminuir a geração de RCC e evitar desperdícios. A atenção do mercado está mais focada em soluções e pesquisas que abordam a reciclagem e reutilização dos

materiais descartados. Empresas especializadas em gestão de RCC vêm se destacando no mercado e oferecem soluções para reutilização e reciclagem desses materiais, gerando novos produtos e diminuindo o volume de lixo presente nos aterros sanitários (Azevedo, 2023).

2.2 Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

Em resposta aos desafios globais relacionados à pobreza, às mudanças climáticas e à degradação ambiental, a Organização das Nações Unidas – ONU (2015) estabeleceu a Agenda 2030, composta por 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS. Esses objetivos representam um compromisso coletivo de países, empresas e sociedade civil em promover um modelo de desenvolvimento que seja economicamente viável, socialmente justo e ambientalmente responsável.

No contexto da arquitetura e construção civil, destacam-se especialmente os ODS: 9 - Indústria, Inovação e Infraestrutura, 11 - Cidades e Comunidades Sustentáveis e 12 - Consumo e Produção Responsáveis, que incentivam práticas mais eficientes, o uso racional de recursos e a redução dos impactos ambientais gerados pelo setor (ONU, 2015).

Diante dos impactos causados pelo setor da construção civil e das discussões globais sobre o uso mais consciente dos recursos naturais, os ODS surgem como diretrizes para incentivar práticas mais sustentáveis em diferentes áreas produtivas (ONU, 2015). Quando analisada sob essa perspectiva, a Coordenação Modular mostra-se uma aliada importante no alcance dessas metas, especialmente no que diz respeito à racionalização de materiais, à padronização dos processos construtivos e à redução do desperdício no canteiro de obras. Sua aplicação dialoga diretamente com os objetivos que tratam de inovação, consumo responsável, infraestrutura sustentável e cidades mais resilientes.

O quadro 1 a seguir apresenta os ODS mais relacionados à prática da Coordenação Modular e evidencia como essa metodologia pode contribuir para uma construção civil mais eficiente, acessível e alinhada aos princípios da sustentabilidade.

Quadro 1 – Relação entre os ODS e os benefícios da Coordenação Modular na construção civil

ODS	Descrição das metas	Relação com a Coordenação Modular
ODS 8 <i>Trabalho Decente e Crescimento Econômico</i>	Promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, o emprego pleno e produtivo, e o trabalho decente.	- Estimula a geração de empregos qualificados na cadeia de pré-fabricação. - Contribui para um ambiente de trabalho mais organizado e seguro.
ODS 9 <i>Indústria, Inovação e Infraestrutura</i>	Desenvolver infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável, e fomentar a inovação.	- Favorece a industrialização da construção. - Incentiva o uso de componentes padronizados e tecnologias inovadoras. - Melhora o desempenho e a compatibilidade técnica dos sistemas.
ODS 11 <i>Cidades e Comunidades Sustentáveis</i>	Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis.	- Permite construções mais rápidas, com menor impacto urbano. - Facilita a expansão e adaptação dos espaços habitáveis. - Contribui para projetos de habitação acessível e eficiente.
ODS 12 <i>Consumo e Produção Responsáveis</i>	Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis.	- Reduz o desperdício de materiais por meio da compatibilização dimensional. - Racionaliza o uso de recursos durante o projeto e a obra. - Potencializa a reutilização e o reaproveitamento de componentes.
ODS 13 <i>Ação Contra a Mudança Global do Clima</i>	Tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos.	- Diminui a geração de resíduos e emissões no canteiro de obras. - Reduz o consumo de recursos naturais e energia durante a construção.

Fonte: Elaborado a partir de ONU (2015).

2.3 Taxonomia Sustentável Brasileira

No contexto brasileiro, em resposta à crise climática e à Agenda 2030, o Ministério da Fazenda (Brasil, 2023) lançou a Cartilha da Taxonomia Sustentável Brasileira com a intenção de servir como instrumento central para mobilizar e redirecionar os fluxos de capitais para investimentos, que possibilitem o alcance de um futuro mais sustentável. As taxonomias estabelecem uma linguagem padronizada entre empresas, instituições financeiras, investidores, órgãos reguladores, governos e demais partes interessadas, facilitando a coordenação de decisões de investimento e o desenvolvimento de políticas públicas. A Taxonomia Sustentável Brasileira será inicialmente direcionada a certos grupos de atividades de acordo com a Classificação Nacional de Atividades Econômicas – CNAE, devido ao maior impacto ambiental, que inclui o grupo CNAE F – Construção e CNAE C – Indústrias de transformação.

Para elaboração da Taxonomia Sustentável Brasileira foram estabelecidos objetivos estratégicos, socioeconômicos, ambientais e climáticos. Dentre eles, pode-se destacar a mitigação da mudança climática, adaptação às mudanças do clima, uso sustentável do solo e conservação, manejo e uso sustentável das florestas e transição para economia circular. A elaboração da normativa está prevista para ser publicada no ano de 2025 com o intuito de se tornar obrigatória em 2026 (Brasil, 2023).

2.4 Economia circular

O conceito de Economia Circular - EC foi introduzido pela Fundação Ellen MacArthur (2013), como uma economia industrial que pode ser considerada restaurativa ou regenerativa por intenção e design. Esse modelo tem como objetivo geral alcançar estratégias nacionais para redução de gases do efeito estufa, suprimento de recursos, gerenciamento de resíduos e prevenção da disposição em aterros após a circulação de materiais (Lara; Dezen-Kempton; Pentead, 2021).

Traçando um paralelo com o ODS 12, que trata de Consumo e Produção Responsáveis, a EC tem como princípios básicos os 3R's: reduzir, reciclar e reutilizar, sendo acompanhados, a depender do processo, por “repensar” e “redesenhar” (Esa; Halog; Rigamonti, 2017).

Desde o surgimento desse modelo de economia, vários países demonstraram interesse através de pesquisas científicas em adotar a EC no âmbito do gerenciamento de Resíduos da Construção Civil - RCC, principalmente na região da Europa e Ásia. Já o Brasil e os Estados Unidos ainda não possuem alta relevância no meio acadêmico sobre práticas circulares atrelados ao setor da construção civil (Munaro; Tavares; Bragança, 2020).

Quando analisada sob a ótica da sustentabilidade, a Coordenação Modular se aproxima diretamente dos princípios da Economia Circular - EC, uma vez que ambas propõem a redução do desperdício e o uso mais eficiente dos recursos ao longo do ciclo de vida dos produtos e sistemas. Enquanto a EC busca transformar o modelo linear de produção em um sistema mais regenerativo, no qual os resíduos passam a ser considerados insumos para novos processos, a Coordenação Modular colabora com essa lógica ao prever, desde a etapa de projeto, a compatibilização dimensional entre os elementos construtivos, o que permite um melhor aproveitamento dos materiais, evita retrabalhos e reduz significativamente as sobras no canteiro de obras.

Nesse sentido, a aplicação da modulação pode ser entendida como uma estratégia prática de implementação dos conceitos da EC na construção civil, contribuindo para uma cadeia produtiva mais limpa, eficiente e alinhada às demandas contemporâneas por responsabilidade ambiental.

3 COORDENAÇÃO MODULAR EM PROJETOS SUSTENTÁVEIS

3.1 Arcabouço histórico

A utilização da Coordenação Modular tem raízes históricas em diversas civilizações. Na Grécia Antiga, os arquitetos utilizavam o diâmetro da coluna como módulo base, a partir do qual eram determinadas proporções para outros elementos do edifício, como a altura da coluna, o fuste, o capitel, a base e o espaçamento entre colunas. Já na civilização romana, o planejamento urbano e arquitetônico seguia um quadriculado modular, fundamentado em unidades de medida como o *passus* romano, que era um múltiplo do *pes*. Nas culturas orientais, também há evidências do uso de sistemas modulares. No Japão, por exemplo, adotava-se o *ken* como unidade mínima de referência, diretamente relacionado às dimensões dos tatames, sendo amplamente empregado no desenvolvimento de projetos arquitetônicos (Ching, 1998).

Com o avanço da Revolução Industrial, surgiram novas demandas no setor da construção, especialmente voltadas à racionalização dos processos e à padronização de componentes. A Coordenação Modular, nesse contexto, passou a ser adotada por diversos países como uma resposta técnica à necessidade de industrialização do setor. A produção em série, o desenvolvimento de sistemas pré-fabricados e a busca por eficiência impulsionaram o uso de módulos como forma de organizar e compatibilizar os elementos construtivos. Países como França, Alemanha e Estados Unidos passaram a integrar a modulação aos seus sistemas normativos e produtivos, consolidando esse método como parte de um modelo construtivo mais industrializado e tecnicamente avançado (Baldauf, 2004).

Em contrapartida, países com tradição artesanal na construção civil, como o Brasil e grande parte da América Latina, não incorporaram de forma significativa a Coordenação Modular ao longo do tempo. O predomínio de métodos construtivos manuais, a informalidade do setor, a falta de padronização nos materiais e a ausência de políticas industriais voltadas à construção dificultaram a adoção do sistema modular (Crespo, 2017).

3.2 Teorias e objetivos da Coordenação Modular

Conforme descreveu Mascaró (1976), a Coordenação Modular é um sistema que simplifica e conecta diferentes dimensões e objetos de origens diversas, permitindo sua união durante a fase de construção ou montagem com poucas modificações ou ajustes necessários.

Lucini (2001) definiu Coordenação Modular sendo um sistema dimensional de referência, que possui um módulo de 10 cm a fim de compatibilizar e organizar aplicações racionais e técnicas construtivas com o uso de técnicas projetuais e componentes da obra, sem sofrer modificações.

Baldauf (2004) caracteriza a Coordenação Modular como sendo uma teoria mais abrangente, que simplifica e desmistifica o rigorismo que muitas vezes é associado à Coordenação Modular, seria “ordenação dos espaços na construção civil”.

Quanto a finalidade de se aplicar o sistema modular, “[...] de forma bastante genérica, pode-se dizer que a Coordenação Modular tem como objetivo a racionalização da construção” (Greven; Baldauf, 2007). O ciclo produtivo, desde a normalização, certificação e concepção dos componentes, passando pela seleção da matéria-prima destinada à sua fabricação, pelo desenvolvimento dos projetos arquitetônico, estrutural e complementares, até a montagem e a manutenção das edificações, envolve a atuação integrada de todos os agentes da cadeia produtiva, que compartilham a responsabilidade pelo alcance do sucesso.

3.3 Normalização da Coordenação Modular No Brasil

A NBR 15.873, que trata da Coordenação Modular para Edificações no Brasil, foi inicialmente publicada em 2010, substituindo outras 26 normas que tratavam do assunto e que haviam sido publicadas entre 1977 e 1982, e revisada em 2024. Segundo Crespo (2017), as normas que existiam anteriormente eram pouco claras e objetivas, incipientes e provocavam dúvidas quanto à sua interpretação. Além disso, não possuíam uma terminologia padronizada e não eram citadas como complementares nas demais normas.

Por meio da norma NBR 15.873, desde 2010, a Coordenação Modular é definida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2024) como “coordenação dimensional mediante o emprego do módulo básico ou do multimódulo” para planejar, construir e fabricar edificações. Desde antes à sua primeira publicação, Rosso (1976) definiu a Coordenação Modular de forma mais ampla, como uma metodologia sistemática de industrialização, e não apenas em um instrumento para projetar.

A NBR 15.873/2010 teve o objetivo geral de simplificar a aplicação dos conceitos e condensar todas as normas anteriores em um só texto (Kapp; Baltazar; Marcandier, 2009). Dentre os conceitos modulares, a norma determinava o valor do módulo básico, os princípios internacionais dessa metodologia e esclarecia os significados dos termos mais utilizados. Apesar dos benefícios de ser simplificada, objetiva e de ter corrigido os problemas de terminologia, a NBR 15.873 de 2010 deixou de incluir conteúdos importantes sobre o assunto.

não trata de questões como o projeto modular, o posicionamento dos componentes modulares, a definição de alturas modulares de piso a piso e piso a teto e a eleição de multimódulos preferidos. Também não estão presentes diretrizes específicas sobre a forma de aplicação do método para dimensionamento de diferentes elementos do edifício (Crespo, 2017).

A discussão sobre a Coordenação Modular no Brasil teve importantes contribuições teóricas ao longo das décadas, entre elas a de Rosso (1976), que destacou a necessidade de padronização das dimensões na construção civil como forma de garantir maior racionalidade ao processo construtivo. Segundo o autor, a Coordenação Modular se apoia em cinco conceitos fundamentais: simplificação, tipificação, unificação, padronização e integração, os quais têm como objetivo organizar e tornar mais eficiente a produção dos elementos construtivos, desde a fase de projeto até a execução. A compatibilização dimensional entre os diversos componentes e sistemas seria, portanto, essencial para reduzir retrabalhos, facilitar o planejamento e promover a racionalização do setor.

Considerando os estudos de Rosso (1976) e as lacunas identificadas na norma técnica publicada em 2010, observa-se que a dificuldade em estabelecer uma norma mais restritiva decorreu da existência de interesses divergentes e da necessidade de negociações com representantes da indústria da construção (Crespo, 2017). No entanto, diante da pressão de instituições federais e do meio acadêmico, foi publicada,

em 2024, a revisão da NBR 15.873. Embora a nova versão represente um avanço significativo ao incentivar o uso da Coordenação Modular e fornecer diretrizes técnicas mais atualizadas para sua aplicação, trata-se de uma norma de caráter orientativo e não obrigatório.

Como previsto no Relatório Técnico da Rede Catarinense de Inovação e Scheer (2021), a revisão da norma em 2024 incluiu submódulos, multimódulos verticais e horizontais, zona-não-modular e representação gráfica. Além desses itens, a NBR 15.873/2024 acrescentou tópicos como o posicionamento de componentes, elementos e sistemas em relação à malha modular de referência, projeto de paginação, escadas e vãos para elevadores. O documento reservou ainda uma seção específica para tratar de diretrizes de projetos para produtos construtivos e incluiu checklist e etiqueta como exemplos a serem usados nesses componentes.

3.4 O Módulo

De acordo com a NBR 15.873, o módulo, que é a menor medida linear da Coordenação Modular, também conhecido como módulo-base e simbolizado universalmente por “M” (ABNT, 2024). O Brasil adota o decímetro (10 cm) como o módulo padrão, essa medida é utilizada desde 1950, conforme estabelecido na publicação da NB-25R (Baudalf, 2004).

Grande parte dos países segue a padronização internacional baseada no Sistema Métrico Decimal. No entanto, a Inglaterra é uma exceção notável: ainda se utiliza o módulo de 300 mm, derivado do sistema imperial britânico. Essa divergência histórica reflete a complexidade da padronização global e demonstra como fatores culturais e estruturais influenciam diretamente a adoção da Coordenação Modular em cada contexto (Chudley; Greeno, 1988).

De acordo com a Agência Europeia de Produtividade (AEP, 1962), o módulo tem três funções fundamentais: primeiro, serve como o denominador comum para todas as medidas ordenadas; segundo, é o incremento unitário de qualquer dimensão modular, garantindo que a soma ou diferença de duas dimensões modulares seja igualmente modular; terceiro, funciona como um fator numérico, expresso nas unidades do sistema de medida adotado ou como a razão de uma progressão.

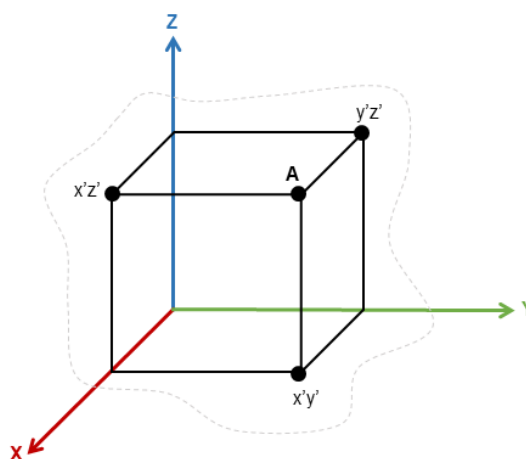
3.5 Instrumentos da Coordenação Modular

De acordo com Greven e Baldauf (2007), para que seja possível a aplicação dos critérios modulares, quatro instrumentos são fundamentais para nortear essa estruturação: o sistema de referência; o sistema modular de medidas; o sistema de ajustes e tolerâncias; e o sistema de números preferenciais.

3.5.1 O sistema de referência

O sistema de referência é composto por pontos, linhas e planos que definem a posição e o tamanho de cada parte da construção. Isso possibilita a organização racional de cada componente, seja individualmente ou em conjunto. Esse sistema pode incluir um plano horizontal de referência, estabelecido por dois eixos cartesianos perpendiculares, x e y , e dois planos verticais de referência, determinados pelos eixos cartesianos perpendiculares, x , y e z (Rosso, 1976). A figura 1 ilustra o ponto A, localizado no espaço definido pelos pontos $x'y'$, $x'z'$ e $y'z'$, a partir de suas projeções nos planos.

Figura 1 – Sistema de referência



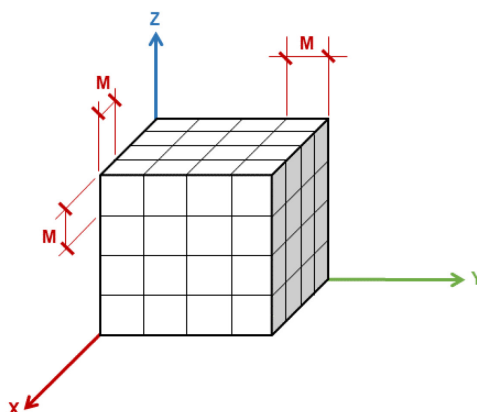
Fonte: Elaborado e adaptado a partir de Greven e Baldauf (2007).

Esse sistema de referência é importante tanto no projeto de componentes ou edifícios quanto na sua execução, pois resolve as relações entre partes adjacentes, garantindo a correspondência exata entre as medidas teóricas dos vãos ou elementos (Mascaró, 1976).

O módulo que gera esse sistema deve ser um número inteiro relacionado de forma simples com as medidas do sistema utilizado. Ele funciona como um denominador comum máximo, um incremento unitário e a primeira medida das grandezas na série modular, além de ser o intervalo dimensional base do sistema de referência (Mascaró, 1976).

Além disso, outro elemento essencial desse sistema é a estrutura modular espacial de referência. Conhecido também como reticulado modular espacial de referência, é constituído pelas linhas de interseção de planos paralelos e ortogonais espaçados entre si por uma equidistância igual ao módulo como ilustrado na figura 2. Essa estrutura configura uma malha estrutural, que serve de referência para os componentes da construção (Lucini, 2001).

Figura 2 – Reticulado modular espacial de referência



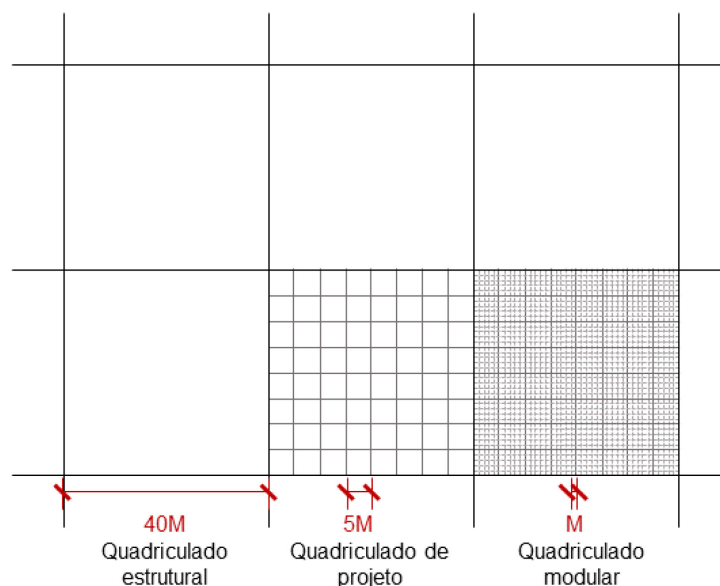
Fonte: Elaborado e adaptado a partir de Greven e Baldauf (2007).

3.5.2 O sistema modular de medidas

O sistema de medidas modular utiliza como fundamento a unidade principal de medida da Coordenação Modular, conhecida como módulo, e também seus múltiplos inteiros ou fracionários. Esse módulo define o intervalo entre os planos do sistema de referência, que serve de base para a Coordenação Modular. Os elementos da construção devem ocupar espaços específicos entre esses planos e suas dimensões devem estar relacionadas a esses mesmos planos de referência (Greven; Baldauf, 2007).

Conforme é ilustrado na figura 3, os três quadriculados apresentam diferentes etapas do projeto: Estrutural, projeto e módulo. Esse quadriculado pode ser aplicado tanto na horizontal quanto na vertical, dependendo da necessidade e fase projetual. (Greven; Baldauf, 2007).

Figura 3 – Quadriculados modulares M, 5M e 40M



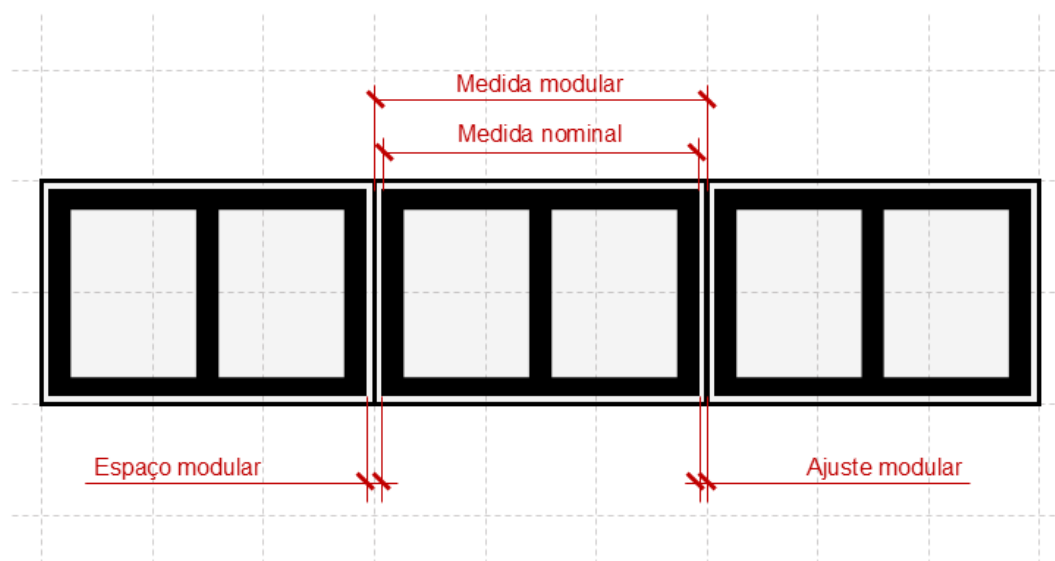
Fonte: Elaborado e adaptado a partir de Greven e Baldauf (2007).

3.5.3 O sistema de ajustes e tolerâncias

O ajuste modular, segundo a NBR 15.873, é uma medida que conecta a dimensão do componente conforme projetada com a medida modular (ABNT, 2024). Esse ajuste estabelece a relação entre os componentes da construção e o sistema de referência. Ele permite definir com precisão os limites de tamanho dos elementos garantindo espaço para deformações, tolerância e materiais de união (FIGURA 4).

Já o espaço modular, é a distância entre dois extremos de dois componentes, considerando-se a sua medida de projeto desse componente (Greven; Baldauf, 2007). Ao considerar a instalação, conexão e montagem de um elemento construtivo em uma posição específica, conforme definido no projeto arquitetônico e diretamente relacionado com o sistema de referência, é fundamental supor que essas ações ocorram sem a necessidade de adaptações ou cortes no material. Para garantir isso, é importante que as peças, provenientes de diferentes fabricantes, correspondam exatamente às dimensões previstas (AEP, 1962).

Figura 4 – Medida modular, medida nominal, espaço modular e ajuste modular



Fonte: Elaborado e adaptado a partir de Greven e Baldauf (2007).

3.5.4 O sistema de números preferenciais

A utilização de um sistema de medidas modulares naturalmente implica uma seleção específica de dimensões. No entanto, para otimizar a variedade e quantidade de formatos de cada componente, são necessários outros métodos de seleção. Isso visa reduzir ao mínimo as séries de produção, atendendo às demandas do mercado e aos requisitos econômicos, mantendo ao mesmo tempo a flexibilidade necessária. Os números preferenciais são escolhidos de maneira apropriada, levando em conta as características do sistema modular e seguindo regras numéricas seletivas para uma organizada seleção de dimensões (Rosso, 1976).

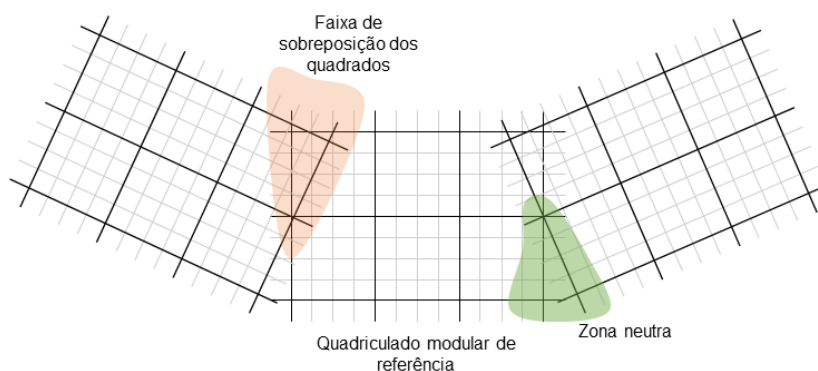
De acordo com Mascaró (1976), os números preferenciais se caracterizam por ter limites fixos determinados pelas características técnicas dos componentes e pelas razões econômicas da produção. Além de desempenhar uma função específica, ter uma forma de união definida e permitir a divisão sem desperdício.

Dentro do sistema de números preferenciais, existem medidas preferíveis e medidas preferidas. As medidas preferíveis são aquelas que melhor se encaixam nos princípios da Coordenação Modular, como, por exemplo, janelas com larguras considerando o multimódulo planimétrico 3M: 30 cm, 90 cm, 120 cm, 150 cm, 180 cm e assim por

diante. Já as medidas preferidas são, entre as medidas preferíveis, os tamanhos mais comuns utilizados no mercado (Greven; Baldauf, 2007).

Em projetos específicos, pode ser necessário introduzir zonas não modulares para separar os reticulados espaciais de referência, formando quadriculados modulares interrompidos por medidas diferentes, conhecidas como zonas neutras. Essa estratégia é empregada, por exemplo, quando a edificação apresenta blocos ou partes dispostas de maneira não ortogonal, garantindo uma transição adequada entre os diferentes módulos (FIGURA 5).

Figura 5 – Zona neutra com blocos girados



Fonte: Elaborado e adaptado a partir de Greven e Baldauf (2007).

3.6 Benefícios e impactos positivos

A Coordenação Modular impulsiona a construtividade, simplificando a etapa de execução. A execução se torna uma montagem padronizada, usa peças padronizadas e intercambiáveis que não requer cortes, ajudando a reduzir o desperdício (Lucini, 2001).

Adicionalmente, ocorre uma simplificação no projeto. Isso acontece tanto porque os detalhes construtivos mais comuns já são resolvidos devido à padronização, quanto pela criação de uma linguagem gráfica, descritiva e de especificações comum a fabricantes, planejadores e construtores, facilitando a comunicação entre os envolvidos no processo. Isso libera mais tempo para os profissionais de projeto se

dedicarem à criatividade arquitetônica com maior profundidade (Greven; Baldauf, 2007).

Para os fabricantes, arquitetos e construtores, isso também traz uma agilização nas operações e na organização, graças à repetição de técnicas e processos e ao conhecimento tecnológico (Oliveira, 1999). Pode-se destacar ainda, o eficiente controle de custos e de produção como uma vantagem de se adotar a Coordenação Modular (Lucini, 2001). Com o aumento da eficiência produtiva e redução de despesas, contribui-se para a qualificação da indústria da construção civil (Greven; Baldauf, 2007).

A respeito dos aspectos de sustentabilidade, a Coordenação Modular contribui para diminuir o uso de matéria-prima e ampliar a possibilidade de substituição de partes na construção, tornando mais fácil a manutenção do conjunto construído (Angioletti; Gobin; Weckstein, 1998).

3.7 Segmentos da indústria

A construção de uma edificação utiliza diversos materiais e componentes na fundação, estrutura, vedação, instalações e acabamentos. Cada um desses elementos simboliza uma fase da obra e seus produtos fazem parte de um segmento de mercado diferente.

Uma das técnicas construtivas mais utilizadas no Brasil é a alvenaria de blocos cerâmicos, um material bem aceito no mercado, possui matéria-prima abundante no país e tem capacidade de reduzir os custos de obras quando devidamente aplicados (Romcy, 2012). A NBR 15.873/2024 estabelece que blocos cerâmicos ou em concreto, assim como telhas, esquadrias e outros são componentes construtivos de uma edificação. No entanto, observa-se que a NBR 15270-1/2023 (ABNT, 2023b) que estabelece os requisitos de dimensionamento dos blocos cerâmicos, não faz referência à NBR 15.873/2024 (ABNT, 2024), diferentemente da ABNT NBR 10.821-2/2023 (ABNT, 2023a), que estabelece requisitos mínimos para esquadrias para edificações e que faz menção à norma de Coordenação Modular.

Segundo Ciqueira (2015), as medidas de grande parte dos fabricantes de esquadrias

são proporcionais a 10 cm, mas não se atentam para o conceito de ajustes e espaços de coordenação, o que dificulta a aplicação desses componentes em projetos modulares.

Uma análise elaborada por Silva e Paula (2023), sobre revestimentos cerâmicos, mostra que não há uma preocupação por parte dos fabricantes em atender as normas de Coordenação Modular na elaboração desse produto. Outro problema encontrado se diz respeito a discrepância entre a medida exposta no catálogo, da medida nominal, que muitas vezes não são indicadas e, em sua maioria, não predominam medidas decimétricas.

No quesito tipos de cobertura, Amorim, Kapp e Eksterman (2010) afirmam ser o setor da construção que apresenta o maior desafio de adequação com a Coordenação Modular, em especial as telhas cerâmicas. Isso acontece por possuírem padrões industriais pouco desenvolvidos e pela variação de inclinação que podem ser instaladas.

Diante de um mercado que em sua maioria não se preocupa em atender à Coordenação Modular, alguns estudos foram realizados para simular componentes construtivos que se adequariam a esse sistema. Através do projeto Habitações Sustentáveis com Melhoria dos Processos Tradicionais (MEHIS, 2010), foram desenvolvidos blocos cerâmicos coordenados modularmente, que se encaixam e possuem caráter dinâmico, com 3 tamanhos de blocos que compreendem os diferentes arranjos possíveis. Diante das dificuldades de se encontrar um modelo de telha cerâmica que se adequasse às medidas modulares, Amorim, Kapp e Eksterman (2010) desenvolveram uma proposta para criação para novos padrões que se adequariam à Coordenação Modular.

Um modelo construtivo que vai de encontro aos princípios da Coordenação Modular é o *Light Steel Frame* - LSF. Como esse método construtivo se baseia na utilização de componentes pré-fabricados, a execução no canteiro de obras se assemelha a uma linha de montagem. Dessa forma, a eficiência do processo depende diretamente da antecipação e da compatibilização rigorosa das dimensões, que precisam ser mantidas desde a etapa de projeto até a fabricação dos elementos (Romcy, 2012).

3.8 BIM como ferramenta de auxílio no sistema modular

A utilização da ferramenta *Building Information Modeling* - BIM possibilita que os profissionais de projeto direcionem seus esforços para as etapas iniciais do processo, tornando as decisões de agregação de valor mais assertivas. Paralelamente, a Coordenação Modular promove a colaboração entre os projetistas e os demais agentes envolvidos no empreendimento, por meio da compatibilização dimensional (Romcy, 2012).

A integração entre BIM e Coordenação Modular também potencializa a comunicação entre os participantes do projeto, otimizando as etapas de concepção e execução. Ainda, com a expansão da fabricação baseada em modelos digitais, as ferramentas de autoria BIM têm reforçado a confiabilidade dos sistemas de pré-fabricação. Nesse sentido, essa prática favorece a ampliação do uso de módulos pré-fabricados e da Coordenação Modular no ambiente construído (Singh; Sawhney; Borrmann, 2015).

Estudos realizados no Brasil mostram a intenção de se criar plug-ins com o objetivo de unir Coordenação Modular com o sistema BIM:

o BIM oferece ferramentas relacionadas ao desenho paramétrico e à interoperabilidade, criando um ambiente virtual integrado. Esse ambiente permite aplicar e entender os conceitos da Coordenação Modular de maneira mais clara, visualizando o modelo de forma mais precisa e automatizando certas funções (Romcy; Cardoso; Betini; Paes, 2014).

Essa integração pode reduzir significativamente o esforço despendido pelos projetistas em tarefas voltadas à produção. Além de agilizar a etapa de modelagem, o uso de objetos BIM orientados por regras torna o processo de projeto mais eficiente, possibilitando a verificação automatizada, a geração de desenhos coordenados e a elaboração de cronogramas detalhados para as atividades de construção (Singh; Sawhney; Borrmann, 2015).

3.9 Desafios da aplicação do sistema

Conforme relatado no presente trabalho, a Coordenação Modular possui uma base teórica sólida e sua utilização oferece vantagens ambientais e econômicas. Ainda assim, é possível observar que o sistema modular não é aplicado no contexto da

arquitetura e urbanismo e pouco utilizado em edificações no Brasil (Crespo, 2017).

Primeiramente, nota-se um amplo desconhecimento da técnica por parte de profissionais de arquitetura e urbanismo e por parte da indústria da construção civil (Silva; Paula, 2023). Segundo Baldauf (2004), há uma ausência do tema nos currículos dos cursos de Arquitetura e Engenharia. A formação acadêmica muitas vezes negligencia conteúdos ligados à racionalização construtiva e à industrialização da construção civil, dificultando a adoção de práticas como a modulação na fase de projeto.

Por outro lado, SINDUSCONSP (2023) afirma que a modularidade não impede a produção de uma boa arquitetura. Crespo (2017) relata uma lacuna de publicações significativas sobre o assunto entre os anos 2010 e 2017, período em que houve o lançamento da primeira versão da NBR 15.873, mostrando que o assunto não estava incluso nas pautas de interesse do governo e de instituições de ensino.

Alguns autores como Prajapati, Pitroda e Raichura (2022) acreditam que o público em geral e alguns profissionais da construção possuem uma visão negativa em relação à construção modular e que enquanto os benefícios dessa tecnologia não forem amplamente divulgados, sua adoção continuará sendo limitada.

É importante destacar que grande parte dos estudos relevantes sobre Coordenação Modular no Brasil teve origem em incentivos políticos, especialmente por meio de financiamentos do extinto Banco Nacional da Habitação - BNH. Embora essas pesquisas tenham contribuído significativamente para o desenvolvimento do tema, elas acabaram consolidando uma associação entre o uso da modulação e os programas de habitação de interesse social (Crespo, 2017). Essa vinculação reforçou a percepção de que a construção modular se restringia a edificações de baixo custo, no entanto percebe-se que na atualidade há um movimento crescente do uso dessa metodologia em empreendimentos de maior porte (SINDUSCONSP, 2023).

Entretanto, percebe-se ainda certo atraso por parte da indústria para desenvolver e fabricar componentes construtivos padronizados, o que dificulta a ampla disseminação da Coordenação Modular no mercado brasileiro. Destaca-se, nesse contexto, a necessidade de uma participação mais ativa do setor industrial da construção civil, especialmente nos segmentos de telhas, esquadrias e revestimentos

cerâmicos, categorias em que se observa maior inadequação entre as dimensões ofertadas e os princípios da modulação. Além disso, torna-se fundamental que os fabricantes disponibilizem de forma mais clara e acessível as informações sobre as dimensões dos seus produtos, a fim de viabilizar sua aplicação em projetos baseados no sistema modular (Romcy, 2012).

Nesse sentido, o projeto Construa Brasil, uma iniciativa do Governo Federal, coordenada pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços, visa aumentar a produtividade e reduzir custos na construção civil. Seu foco principal é a desburocratização de processos, padronização de informações e incentivo ao uso de tecnologias como BIM, promovendo maior eficiência, transparência e competitividade no setor. Esse projeto reconhece a Coordenação Modular como uma estratégia fundamental para a industrialização e padronização da construção civil no Brasil e promoveu um grande incentivo para a atualização da NBR 15.873/2024 através da publicação de cartilhas e relatórios (Brasil, 2025).

4 A CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL COMO FERRAMENTA DE INCENTIVO

4.1 Histórico e evolução da certificação LEED

Desenvolvido em 1998 pela U.S.GBC, a Certificação LEED é considerada um dos parâmetros globais mais influentes para se avaliar edifícios sustentáveis. Esse sistema estabelece rigorosos critérios de avaliação de assuntos como eficiência energética, gestão hídrica, materiais, recursos e qualidade ambiental dos ambientes internos para incentivo da sustentabilidade no setor da construção civil. A certificação passou por diversas versões até chegar na versão 5 que foi lançada em abril de 2025 (U.S.GBC, 2025e).

A primeira versão da certificação LEED tinha foco em edificações comerciais localizadas nos Estados Unidos da América - EUA. Dos anos 2000 a 2009, começou a ser utilizado internacionalmente e ampliado para diferentes tipos de edificações. Sua consolidação global se iniciou no ano de 2010, com o lançamento do LEED v3, que apresentava uma estrutura de pontuação mais robusta e maior atenção para o campo de inovação (Rech; Debrassi; Lira; Thomaz; Souza, 2018).

O LEED é um sistema padronizado de certificação utilizado globalmente, sem adaptações específicas para cada país, aplica-se o mesmo modelo de classificação em todo o mundo. Para promover o intercâmbio de experiências e o desenvolvimento técnico entre diferentes nações, foi criado o LEED *International Roundtable*, um grupo composto por 38 organizações, a maioria representando seus respectivos países por meio dos *Green Building Councils* locais. As discussões nesse grupo abordam o impacto e a aplicação do sistema em diferentes contextos e seus membros atuam como conselheiros do U.S.GBC, contribuindo para a disseminação e adaptação da certificação LEED em nível internacional (U.S.GBC, 2025e).

4.2 Categorias de avaliação

O LEED possui 4 tipologias, que consideram as diferentes necessidades para cada tipo de empreendimento: novas construções e grandes reformas, que são avaliados projetos arquitetônicos e construções; escritórios comerciais e lojas de varejo, que compreendem design de interiores e construção; empreendimentos existentes, em

que o foco está na operação e manutenção dos edifícios; e bairros (GBCB, 2025).

Para cada tipologia são analisadas 8 áreas de atuação: localização e transporte; espaço sustentável; eficiência do uso de água; energia e atmosfera; **materiais e recursos**; qualidade ambiental interna; **inovação e processos**; **prioridade regional**. Com isso, é feito um checklist com créditos e pré-requisitos dentro de cada uma dessas áreas (GBCB, 2025).

Pré-requisitos são ações obrigatórias em qualquer empreendimento que busca a certificação. Não cumprindo um dos diversos pré-requisitos, impossibilita o empreendimento receber a certificação. Já os créditos são ações que o LEED sugere, sempre focadas em performance de desempenho. À medida que o empreendimento assume tal ação, recebe uma pontuação (GBCB, 2025).

A soma total compreende 110 pontos, que são conquistados à medida que o empreendimento aplicar os créditos sugeridos pelo LEED. A pontuação mínima para se obter a certificação é 40 pontos. Para ser classificado como Silver, deve-se atingir entre 50-59 pontos. A categoria Gold compreende as pontuações entre 60 e 79 pontos. Por último, quando se atinge a pontuação mínima de 80 pontos, a edificação recebe o título de LEED Platinum (GBCB, 2025).

A consideração de edificações modulares no processo de certificação LEED ocorre, até o momento, apenas como uma forma de facilitar a certificação de projetos de grande porte, por meio dos caminhos LEED Volume, LEED Campus e Múltiplos Edifícios. No entanto, essas abordagens não exigem que os edifícios sejam modulares, podendo abranger apenas construções repetidas ou agrupadas. Esses programas são voltados para organizações que desejam implementar o LEED em larga escala e buscam os benefícios de uma certificação reconhecida por verificação de terceira parte, oferecendo mais credibilidade, transparência e respaldo para relatórios ambientais, sociais e de governança (GBCB, 2025).

4.2.1 Materiais e Recursos

A categoria Materiais e Recursos possui 2 pré-requisitos e distribui ao todo 13 pontos, divididos em 5 créditos (FIGURA 6). O objetivo dessa categoria é minimizar a carga

excessiva que os resíduos dos edifícios impõem aos aterros e incineradores, promovendo práticas como redução na geração de lixo, reutilização de materiais, reciclagem e ações educativas, ao mesmo tempo em que se busca preservar os recursos naturais, pensando no bem-estar das próximas gerações (U.S.GBC, 2024).

Figura 6 – Lista de verificação da categoria Materiais e Recursos

S ? N

Crédito

Processo Integrado

0	0	0	Materiais e Recursos	13
S			Pré-req Armazenamento e Coleta de Recicláveis	Obrigatório
S			Pré-req Plano de Gerenciamento da Construção e Resíduos de Demolição	Obrigatório
			Crédito Redução do Impacto do Ciclo de Vida do Edifício	5
			Crédito Divulgação e Otimização de Produto do Edifício – Declarações Ambientais de Produto	2
			Crédito Divulgação e Otimização de Produto do Edifício – Origem de Matérias-primas	2
			Crédito Divulgação e Otimização de Produto do Edifício – Ingredientes do Material	2
			Crédito Gerenciamento da Construção e Resíduos de Demolição	2

Fonte: GBCB, 2025.

Dentre os 5 créditos presentes nessa categoria, dois deles compartilham objetivos e estratégias com a Coordenação Modular: redução do impacto do ciclo de vida do edifício, que pode garantir até 5 pontos, e gerenciamento da construção e resíduos de demolição, distribuindo até 2 pontos (U.S.GBC, 2024).

O critério de redução de impacto do ciclo de vida avalia os impactos ambientais associados à estrutura e ao envelope da edificação desde a sua concepção até o fim de sua vida útil. Através da Análise de Ciclo de Vida (ACV), é possível obter até 5 pontos, conforme o grau de redução de impactos como potencial de aquecimento global, acidificação, eutrofização, entre outros. São previstas diferentes rotas para pontuação, que vão desde a realização da ACV até a incorporação de materiais reutilizados e redução significativa em múltiplas categorias de impacto, comparando o projeto com uma edificação de referência e mantendo critérios de equivalência e padronização metodológica (U.S.GBC, 2024).

Para atender aos critérios de gestão de resíduos em projetos certificados, é necessário seguir um plano que priorize a redução na origem e o reuso de materiais, além de reciclar pelo menos 50% dos resíduos provenientes da demolição. O projeto deve adotar estratégias e técnicas construtivas que minimizem a geração de resíduos nas novas construções. Também é essencial monitorar e documentar todos os

resíduos gerados, tanto de demolição quanto de construção, desde o início até a conclusão da obra, excluindo materiais perigosos e resíduos de limpeza do terreno dos cálculos (U.S.GBC, 2025b).

4.2.2 Inovação e Processos

A categoria de inovação tem o objetivo de incentivar a alcançar desempenhos excepcionais ou inovadores que beneficiem a saúde humana, o meio ambiente e a equidade. Para conquistar os cinco pontos de inovação, apresentados na figura 7, a equipe do projeto deve alcançar pelo menos um crédito piloto, ao menos um crédito de inovação e no máximo dois créditos por desempenho exemplar (U.S.GBC, 2024).

Figura 7 – Lista de verificação da categoria Inovação e processos

S	?	N		
			Crédito	Processo Integrado
0	0	0	Inovação	
			Crédito	Inovação
			Crédito	Profissional Acreditado LEED

Fonte: GBCB, 2025.

A Biblioteca de Créditos Piloto foi criada para facilitar a introdução de novos pré-requisitos e créditos ao LEED por meio do engajamento dos interessados e da colaboração no teste e análise dos requisitos propostos. Esse processo permite que o U.S.GBC aperfeiçoe os créditos com base nas avaliações feitas em projetos LEED antes de incorporá-los oficialmente ao sistema (U.S.GBC, 2025c).

Brendan Owens, Vice-Presidente de Desenvolvimento Técnico do LEED, afirmou que a Biblioteca de Créditos Piloto do LEED foi amplamente acolhida pelos usuários do sistema e criou com sucesso um espaço para discutir os pontos fortes e fracos de créditos novos e inovadores (U.S.GBC, 2025c). Ainda reforçou que os usuários do sistema LEED têm desempenhado um papel ativo na fase de testes dos créditos piloto e que as versões mais recentes desses créditos refletem as contribuições recebidas, tornando o sistema mais eficiente e adaptável às necessidades do setor.

A instituição U.S.GBC disponibiliza uma lista de Créditos Piloto. Um exemplo de como pontuar nessa categoria seria apresentar um rastreio das madeiras utilizadas na obra, com intenção de reduzir fontes ilegais. Outro ponto pode ser creditado através da

prevenção de colisão de pássaros nas fachadas ou da inclusão de banheiros para todos os gêneros nos edifícios. Esses diferentes créditos estão em constante rotatividade, e todos os temas são disponibilizados e atualizados na plataforma digital da certificação LEED.

4.2.3 Prioridade Regional

A categoria Prioridade Regional avalia e recompensa projetos que abordam questões ambientais específicas da localidade onde estão inseridos. Essa categoria reconhece que cada região enfrenta desafios distintos, como escassez de água, poluição do ar, demanda energética elevada ou necessidade de preservação da biodiversidade, e busca incentivar soluções que respondam diretamente a essas demandas (U.S.GBC, 2024).

Os créditos de prioridade regional não são exclusivos, mas sim uma seleção entre os créditos já existentes no LEED (FIGURA 8), atribuídos com pontuação adicional caso sejam particularmente relevantes para aquela região (U.S.GBC, 2024). A escolha dos créditos prioritários é feita com base em dados ambientais, climáticos e sociais locais, definidos pelo U.S.GBC em parceria com especialistas e *stakeholders* regionais. Essa estratégia torna o sistema de certificação mais contextualizado e eficaz na promoção da sustentabilidade.

Figura 8 – Lista de verificação da categoria Prioridade Regional

S	?	N				
			Crédito	Processo Integrado		
0	0	0	Prioridade Regional			4
			Crédito	Prioridade Regional: Crédito Específico	1	
			Crédito	Prioridade Regional: Crédito Específico	1	
			Crédito	Prioridade Regional: Crédito Específico	1	
			Crédito	Prioridade Regional: Crédito Específico	1	

Fonte: GBCB, 2025.

4.3 Impacto da certificação ambiental na construção civil

É possível afirmar que as certificações como a LEED contribuíram para ampliar o debate sobre as questões ambientais associadas à indústria da construção civil, levantando reflexões antes pouco exploradas. Entre elas, destacam-se os impactos provocados não apenas durante a fase de construção, mas também ao longo do ciclo

de vida útil da edificação. Isso impulsionou uma mudança de postura no setor, incentivando a busca por métodos construtivos e tecnologias que utilizem de forma mais eficiente os recursos naturais e que reduzam a geração de resíduos e poluentes (Silva; Silva; Agopyan, 2003).

Segundo Zutshi e Creed (2014), as certificações estão alterando o setor da construção civil e se tornando quase um pré-requisito para venda de empreendimentos. Além disso, o processo de obtenção da certificação LEED exige a participação ativa de todos os agentes da cadeia produtiva, o que favorece a disseminação de conhecimento. Arquitetos, engenheiros, fornecedores, operários e até os usuários finais são levados a compreender não apenas os critérios da certificação, mas também as questões ambientais mais amplas que a sustentam (Silva; Silva; Agopyan, 2003).

No contexto das práticas sustentáveis na construção civil, estudos evidenciam que a adoção da certificação ambiental LEED pode contribuir significativamente para a mitigação dos impactos ambientais. A aplicação de seus critérios permite, por exemplo, a redução de aproximadamente 30% no consumo de energia, 50% no uso de água, 35% nas emissões de dióxido de carbono (CO₂) e até 80% na geração de resíduos sólidos (Oliveira; Ruppenthal, 2020). Esses resultados demonstram o potencial da certificação como instrumento eficaz na promoção de construções mais eficientes e ambientalmente responsáveis.

4.4 Aplicações no Brasil

A certificação LEED foi implantada em 2004 no Brasil e teve seu primeiro edifício certificado no ano de 2007. É atualmente o tipo de certificação mais utilizada no país, sendo a tipologia comercial com o maior número de projetos certificados. Segundo Abrahão (2025), o Brasil ocupa o 9º lugar no ranking de países que utilizam o sistema LEED e possui 1.079 projetos certificados espalhados em todos os estados do país, com 415 profissionais certificados e mais de 210 milhões de m² certificados no território brasileiro.

Alguns edifícios de destaque obtiveram a certificação LEED, como o Estádio Mineirão, que em junho de 2014 tornou-se o primeiro estádio brasileiro e o segundo no mundo a conquistar a mais alta categoria da certificação: LEED Platinum. Além desse

exemplo, o Museu do Amanhã no Rio de Janeiro possui a categoria Ouro; e a Vila dos Atletas, que abrigou os competidores nas Olimpíadas de 2016, foi o 1º empreendimento LEED *Neighborhood* da América Latina (U.S.GBC, 2025d).

Dentre as críticas voltadas à certificação LEED no Brasil, a mais citada entre os autores é o seu sistema de avaliação generalizado. Seus critérios deixam de levar em consideração as particularidades de cada região e discute problemas com gravidades distintas como se possuíssem o mesmo nível em todos os territórios do mundo (Rech; Debrassi; Lira; Thomaz; Souza, 2018). Tendo sido desenvolvida nos EUA, foi moldada com grande preocupação nas categorias energéticas e de recurso, sem muito enfoque em problemas sociais. Esse exemplo deixa claro que esses moldes não são totalmente compatíveis com a realidade brasileira (Silva; Silva; Agopyan, 2003).

De modo geral, mesmo diante de apontamentos de inconsistências, o LEED ainda se destaca como um sistema de avaliação com grande potencial, principalmente por ter conseguido se aproximar dos objetivos que originalmente se propôs a atingir. Esse fato representa um dos principais aprendizados que essa experiência pode oferecer. Independentemente das críticas ou avaliações feitas sobre o sistema, ele continua sendo uma das referências mais relevantes e influentes disponíveis atualmente (Hernandes, 2006).

5 MÉTODO

5.1 Coordenação Modular e LEED

A certificação LEED vem ganhando relevância no cenário nacional, com um número crescente de empreendimentos certificados, especialmente em grandes centros urbanos. Em contrapartida, a Coordenação Modular é uma metodologia que apesar de ser aplicada em países desenvolvidos, no Brasil sua adoção ainda é incipiente. A disseminação do LEED no país demonstra o interesse por soluções que promovam sustentabilidade, eficiência e inovação no setor da construção civil.

Ao analisar os fundamentos da Coordenação Modular e os princípios do LEED, observa-se uma convergência entre seus objetivos, como a redução do desperdício de materiais, o aumento da eficiência energética e a otimização de recursos. No entanto, apesar dessas interseções conceituais e práticas, há uma escassez de estudos acadêmicos que abordem de forma integrada esses dois sistemas. A literatura ainda trata ambos de forma separada, o que indica uma lacuna relevante para pesquisas que pretendam explorar as sinergias entre estratégias de padronização modular e certificações ambientais.

Segundo Kobet (2009), a utilização de sistemas modulares contribui diretamente para a obtenção de pontos em categorias como materiais e recursos, espaço sustentável, energia e atmosfera, e qualidade ambiental interna. Entre os principais benefícios destacam-se a redução significativa de resíduos, o uso eficiente de materiais, a menor perturbação do solo e do entorno e o controle rigoroso de qualidade na fabricação dos componentes. Além disso, a construção modular é potencializada quando integrada ao uso de ferramentas como o BIM e a estratégias de projeto colaborativo, o que reforça sua capacidade de atender aos requisitos de desempenho ambiental exigidos pelo LEED.

O mercado da construção civil no Brasil, por sua vez, apresenta obstáculos significativos para a disseminação da construção modular e do uso sistemático da Coordenação Modular. Entre os principais entraves, estão a cultura setorial ainda fortemente baseada em processos artesanais, a resistência à inovação tecnológica e a fragmentação da cadeia produtiva. Esses fatores dificultam a padronização dos

componentes construtivos e desestimulam o investimento em métodos mais industrializados, mesmo que estes tragam ganhos em sustentabilidade, produtividade e qualidade.

A integração da Coordenação Modular a certificações como o LEED poderia, portanto, atuar como um catalisador para a modernização do setor, promovendo alinhamento com diretrizes nacionais, como a Taxonomia Sustentável Brasileira, e internacionais, como os ODS e os princípios da EC.

5.2 Proposta de nova categoria de avaliação LEED

Primeiramente, é importante destacar que se optou por utilizar como base a versão 4.1 do sistema LEED, por ser a mais atual e amplamente aplicada durante o período de elaboração deste trabalho. Embora a versão 5 já tenha sido lançada, em abril de 2025, ela ainda não foi implementada em larga escala e, portanto, não foi adotada como referência para esta pesquisa.

Em segundo lugar, a partir da revisão bibliográfica sobre o sistema de Coordenação Modular, é evidente que se trata de um método que abrange desde as etapas iniciais de concepção do projeto até a fase final da construção. Por essa razão, a tipologia de certificação LEED que mais se adequa a esse contexto é a de *Novas Construções e Grandes Reformas*, também conhecida como BD+C (*Building Design + Construction*), uma vez que essa modalidade avalia tanto o projeto arquitetônico quanto a execução da obra.

Após a análise das oito categorias que compõem o sistema de avaliação LEED na tipologia BD+C, foi possível chegar a duas conclusões principais. A primeira é que não há, até o momento, nenhuma categoria ou critério que mencione explicitamente a Coordenação Modular. A segunda é que, apesar de não ser citada diretamente, a Coordenação Modular apresenta consonância com os objetivos e estratégias da categoria *Materiais e Recursos*. Essa categoria contempla créditos voltados à valorização de projetos que adotam estratégias para a redução de resíduos na construção civil e para a diminuição dos impactos ao longo do ciclo de vida dos edifícios. Tais estratégias podem ser atendidas com a aplicação da Coordenação Modular no desenvolvimento do projeto arquitetônico.

Dessa forma, justifica-se a proposta de criação de um critério que atribua pontuação a projetos que adotem a Coordenação Modular como diretriz de projeto. Tal proposição se baseia na constatação de que os princípios da Coordenação Modular convergem com os objetivos e estratégias promovidos pela categoria *Materiais e Recursos*, reforçando a relevância de sua inclusão como um crédito no sistema de certificação LEED.

O U.S.GBC desenvolveu uma estratégia para testar a viabilidade de novos créditos por meio do programa de Créditos Piloto, inserido na categoria de *Inovação* da certificação LEED. Esse programa permite que projetos voluntários experimentem critérios propostos como potenciais novos créditos, viabilizando uma análise posterior quanto à sua eficácia, aplicabilidade e possível integração definitiva ao sistema de avaliação.

Tomando como exemplo a apresentação de créditos piloto disponíveis no site da U.S.GBC (2025a), esse estudo propõe a inclusão da Coordenação Modular como um crédito piloto aplicável à certificação LEED BD+C v4.1.

Para a elaboração da proposta, foram definidos critérios que comprovem a aplicação da Coordenação Modular nos projetos. As estratégias foram organizadas em duas etapas: concepção do projeto e execução da obra. A proposta inclui a atribuição da pontuação para os projetos que atendam às exigências do novo crédito, que possuem relação com eficiência no uso de materiais e à redução de resíduos. Portanto, além da pontuação obtida pelo crédito piloto, o projeto ainda pode ser elegível a outros cinco pontos dentro da categoria *Materiais e Recursos* e mais um ponto na categoria *Prioridade Regional*.

Após sua aprovação e validação, o crédito piloto poderia ser incorporado permanentemente ao sistema de avaliação LEED, sob a denominação *Coordenação Modular para Eficiência de Materiais e Redução de Desperdício*, dentro da categoria *Materiais e Recursos*.

Adicionalmente, o estudo propôs a criação de dois formulários da certificação LEED, abaixo detalhados:

- Formulário de apresentação do crédito: Esse formulário inclui a descrição dos

elementos que o compõe o crédito, sendo esses: intenção, requisitos, documentações requeridas para comprovação ao atendimento ao crédito.

- Formulário de documentação: o formulário de documentação apresenta campos para preenchimento de informações do projeto bem como campos para a descrição das estratégias e do sistema modular, as ferramentas de projeto, estratégias de implementação, tabela de componentes, checklist de documentos e referências.

6 RESULTADOS

Esse capítulo apresenta uma proposta de inserção de um crédito referente à Coordenação Modular aplicável à certificação LEED BD+C v4.1, com estratégias organizadas para as etapas de concepção do projeto e execução da obra. Diante das dificuldades enfrentadas para a adoção da Coordenação Modular pelo mercado brasileiro da construção civil, especialmente no que diz respeito à escassez de materiais produzidos com base em dimensões modulares, a criação de um novo crédito voltado à Coordenação Modular tem o potencial de impulsionar a aplicação prática do sistema modular e promover mudanças positivas, tanto no processo projetual quanto na etapa de execução da obra. Espera-se que, ao vincular o uso da Coordenação Modular à obtenção de pontos em uma certificação ambiental reconhecida internacionalmente, haja maior interesse por parte de profissionais, construtoras e fornecedores em adaptar seus métodos e produtos aos princípios da modulação.

A proposta de inserção de um novo crédito é definida a partir do objetivo principal de incentivar o uso da Coordenação Modular como estratégia para reduzir o desperdício de materiais, aumentar a precisão na execução das obras, otimizar a integração entre os sistemas construtivos e melhorar o desempenho geral dos projetos arquitetônicos, das indústrias e dos processos de construção. A proposta do novo crédito apresenta-se no Apêndice A desse trabalho.

6.1 Fase Projeto

Para o atendimento à fase de projeto, é importante a definição dos quadriculados modulares, especificando suas dimensões, disposição, áreas do edifício em que foram aplicados e os softwares utilizados no desenvolvimento. Além disso, faz-se necessária a apresentação dos desenhos projetivos com os eixos modulares horizontais e verticais aplicados e as paginações dos elementos construtivos, como alvenaria, pisos e forros. Caso houver zonas neutras e sobreposição de quadriculados modulares, essas também devem ser apresentadas através dos desenhos técnicos com suas respectivas localizações, juntamente com a descrição das estratégias que foram aplicadas para definição dessas áreas.

6.2 Fase de execução de obra

Nessa fase, deve-se identificar os componentes modulares adquiridos, incluindo suas respectivas especificações técnicas. É necessário também apresentar um relatório comparativo entre a paginação prevista no projeto e a realizada em obra. Outras estratégias adotadas no canteiro que estejam relacionadas à Coordenação Modular, como a implementação de treinamentos específicos para a equipe de obra, também devem ser registradas. Por fim, é exigido a apresentação de um plano de redução de resíduos com estimativas comparativas de economia de material, resultante da aplicação do sistema modular.

6.3 Pontuação

A proposta sugere a atribuição de até 2 pontos para os projetos que atendam às exigências desse critério. Para conquistar 1 ponto, o projeto deve demonstrar que, no mínimo 70% de sua concepção foi baseada nos princípios da Coordenação Modular e que ao menos três grandes tipos de componentes construtivos modulares foram aplicados. Para a obtenção de 2 pontos, é necessário comprovar o uso de cinco ou mais materiais modulares.

Para a obtenção dos créditos por inovação, é necessário o cumprimento de requisitos já previstos na categoria *Materiais e Recursos*, especialmente aqueles relacionados à eficiência no uso de materiais e à redução de resíduos.

6.4 Template de Documentação do crédito Inovação: Coordenação Modular

Com base em uma ficha modelo disponibilizada pelo U.S.GBC para o programa de Créditos Piloto (Anexo A), elaborou-se um *template* (formulário) para a documentação das exigências propostas para o crédito piloto de Coordenação Modular, apresentado no Apêndice B desse trabalho. Esse formulário serve como um guia e ajuda os profissionais a organizar as informações necessárias para aplicação do crédito.

De acordo com os critérios previamente estabelecidos, o formulário proposto orienta o usuário a descrever as estratégias de Coordenação Modular adotadas durante o desenvolvimento do projeto, incluindo a definição de grelhas modulares, os softwares

utilizados (preferencialmente em BIM) e a elaboração de paginações para os componentes construtivos modulares.

Para a fase de execução da obra, sugere-se o preenchimento de uma tabela que detalhe os materiais modulares utilizados, acompanhados de suas respectivas especificações técnicas.

Complementarmente, foi elaborado um checklist com a finalidade de auxiliar a equipe de projeto na organização e anexação de documentos comprobatórios das soluções adotadas com base na Coordenação Modular.

Além disso, foram incluídas referências normativas e materiais de apoio que auxiliam os profissionais interessados na adoção dessa abordagem, como a NBR 15.873/2024, a ISO 21723:2019 (ISO, 2019), que trata da Coordenação Modular e a ISO 19650-1:2018 (ISO, 2018), que estabelece diretrizes para a organização e digitalização das informações da construção por meio do BIM.

A ficha técnica desenvolvida contempla os principais elementos da teoria da modulação, como o sistema de referência, o sistema de ajustes e o uso de números preferenciais. Ao considerar esses aspectos, a ficha permite não apenas a comprovação da aplicação do conceito, mas também incentiva uma abordagem mais técnica e consciente por parte das equipes de projeto, promovendo qualidade e racionalização dos processos construtivos. É importante destacar que o preenchimento da ficha não é obrigatório para a submissão do crédito, podendo ser adaptado conforme as particularidades e demandas de cada projeto. A proposta deste novo crédito piloto não tem como objetivo engessar o processo de projeto, mas sim apoiar os profissionais na apresentação clara e consistente das estratégias utilizadas, além de facilitar a verificação do atendimento aos requisitos mínimos de Coordenação Modular.

6.5 Atores envolvidos na Coordenação Modular

Para que a Coordenação Modular seja efetivamente incorporada ao cotidiano da construção civil brasileira, é indispensável a atuação conjunta de diversos agentes do setor. A difusão desse sistema não depende apenas da iniciativa dos projetistas, mas

também de ações coordenadas entre o poder público, fabricantes, entidades normativas, instituições de ensino e organismos de certificação. Cada um desses atores possui um papel estratégico na promoção da modulação, seja por meio de políticas públicas, atualização de normas, desenvolvimento de produtos compatíveis, capacitação técnica ou incentivo a boas práticas.

O quadro 2, elaborado com base na análise dos desafios encontrados para implementação do método modular, apresenta os principais *stakeholders* envolvidos e as possíveis contribuições de cada um. As soluções propostas neste trabalho, por meio da inclusão da Coordenação Modular como um crédito piloto na certificação LEED, foram pensadas justamente com o objetivo de gerar um movimento articulado, capaz de impactar direta e indiretamente todos esses setores, estimulando uma transformação sistêmica rumo à racionalização e à sustentabilidade na construção civil.

Quadro 2 – Atores envolvidos na promoção da Coordenação Modular (Continua)

Stakeholder	Ações para promover a Coordenação Modular
Poder Público	- Incentivar políticas públicas de fomento à construção industrializada. - Criar linhas de financiamento e exigências em obras públicas que adotem a modulação. - Estimular compras governamentais com exigência de padronização.
Fabricantes de Componentes Construtivos	- Desenvolver produtos com dimensões compatíveis com os módulos padronizados. - Informar claramente as medidas nominais e modulares nas embalagens e fichas técnicas.
Profissionais (Arquitetos e Engenheiros)	- Projetar com base em grelhas modulares desde as etapas iniciais. - Especificar componentes construtivos compatíveis com a modulação. - Utilizar ferramentas como BIM integradas à lógica modular.
ABNT	- Atualizar e revisar normas técnicas com maior frequência. - Incluir diretrizes modulares nas normas específicas de componentes (alvenarias, revestimentos, forros etc). - Promover capacitações técnicas sobre o tema.

Quadro 2 – Atores envolvidos na promoção da Coordenação Modular (Conclusão)

Stakeholder	Ações para promover a Coordenação Modular
Instituições de Ensino	- Incluir a coordenação modular nas grades curriculares dos cursos de Arquitetura e Engenharia. - Desenvolver pesquisas acadêmicas - Produzir materiais didáticos aplicados à prática profissional.
Certificações Ambientais como o LEED	- Incluir créditos específicos para projetos que adotem a coordenação modular. - Reconhecer a redução de impactos e desperdícios proporcionada pela modulação como critério de pontuação.

Com a ampliação do uso da Coordenação Modular em projetos certificados e o fortalecimento de sua aplicação prática, espera-se que haja uma pressão crescente, por parte dos setores técnico e produtivo, para que a norma brasileira de Coordenação Modular seja revisada com maior regularidade, evitando longos períodos de desatualização, como já ocorreu no passado.

Além disso, propõe-se que esse processo de modernização se estenda às normas técnicas específicas de componentes construtivos, como alvenarias, revestimentos, forros e esquadrias, incorporando medidas modulares em suas definições e critérios. A padronização em nível normativo é essencial para assegurar a compatibilidade entre sistemas e consolidar a modulação como uma diretriz estratégica no desenvolvimento de produtos e processos construtivos no Brasil.

Dessa forma, a promoção da Coordenação Modular exige mais do que iniciativas isoladas, requer um esforço coletivo e coordenado entre os diversos setores que compõem a cadeia da construção civil. Profissionais projetistas precisam adotar a modulação desde as etapas iniciais do projeto; fabricantes devem adaptar seus produtos a padrões dimensionais compatíveis; instituições de ensino têm o papel de formar profissionais conscientes da importância dessa estratégia; e o poder público pode atuar como agente de fomento por meio de políticas e exigências em obras públicas. Ao propor a inclusão da Coordenação Modular como um critério de avaliação na certificação LEED, este trabalho busca acionar esses diferentes atores de forma integrada, contribuindo para a consolidação de um modelo construtivo mais eficiente e ambientalmente responsável.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Coordenação Modular é um sistema presente na realidade da construção civil há décadas, desenvolvido com o objetivo de promover maior compatibilidade entre os elementos construtivos. Apesar disso, sua adoção no Brasil ainda é limitada. Mesmo sendo um dos primeiros países do mundo a aprovar uma norma de Coordenação Modular, a normalização não interessou ao setor da construção civil, que estava direcionado às classes mais privilegiadas.

Simultaneamente, a década de 70 correspondeu à produção maciça de habitações de interesse social, que apresentava a característica oposta ao carecer de uma solução tecnológica que exprimisse a racionalização construtiva e a redução de custos. A tecnologia era precária e fez com que esse tema fosse relacionado pejorativamente com as construções econômicas de baixa qualidade. Essa percepção ainda repercute no cenário atual, dificultando sua valorização e aplicação mais ampla.

Além do estigma histórico, observou-se ao longo da pesquisa a escassez de produtos industriais padronizados com base em medidas modulares. Essa lacuna limita a liberdade de especificação dos projetistas e desestimula o uso sistemático da modulação. No entanto, diante do contexto contemporâneo da construção civil, que exige soluções mais sustentáveis, eficientes e econômicas, a Coordenação Modular ressurge como uma alternativa estratégica para enfrentar desafios como o desperdício de materiais, o alto custo e o prolongado tempo de execução das obras.

Nesse cenário, identificou-se na certificação ambiental LEED uma oportunidade para impulsionar a adoção da Coordenação Modular. Trata-se de um sistema consolidado e amplamente aceito pelo setor privado, capaz de atuar como catalisador para mudanças significativas nos padrões de projeto e construção. A inclusão de um crédito piloto voltado à modulação poderia gerar impactos positivos, como o estímulo à fabricação de componentes compatíveis com o módulo, a valorização de práticas projetuais mais racionais e o fortalecimento de uma cultura construtiva baseada na eficiência.

Além disso, a proposta do novo crédito também pode atuar como um catalisador para a revisão e atualização das normas técnicas brasileiras referentes aos componentes

construtivos, incentivando a incorporação da Coordenação Modular em seus escopos. Atualmente, muitas dessas normas encontram-se defasadas em relação às necessidades contemporâneas do setor. A utilização integrada com a metodologia BIM, promovida por meio de critérios bem definidos, potencializa ainda mais sua aplicação prática, ao viabilizar maior precisão projetual, rastreabilidade de informações e automação nos processos de concepção e execução.

A integração entre a Coordenação Modular e a certificação ambiental LEED é uma estratégia para impulsionar práticas mais sustentáveis e eficientes na construção civil brasileira. A proposta de incluir a modulação como critério no LEED visa engajar diversos setores da cadeia produtiva, promovendo mudanças que favoreçam a padronização, a racionalização de recursos e a redução de impactos ambientais. Assim, busca-se consolidar a Coordenação Modular como um caminho viável e relevante para a inovação no setor.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.873:** Coordenação modular para edificações: princípios, requisitos e módulos. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.821-2:** Esquadrias para edificações - Parte 2: Esquadrias externas - Requisitos e classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2023. 2023a.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.15270-1:2023** – Componentes Cerâmicos – Blocos e tijolos para alvenaria. Parte1 – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2023. 2023b.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NB-25R:** Modulação das Construções. Rio de Janeiro: ABNT, 1950.

ABRAHÃO, K.C.F.J.A. **Certificações de Sustentabilidade** – Um guia para a prática profissional. [s.n.]. Em fase de elaboração. 2025.

ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2021.** ABRELPE, Agência Pituri, Brasil, dez. 2021. Disponível em: <https://abespb.com.br/wp-content/uploads/2023/12/Panorama-2021-ABRELPE.pdf>. Acesso em: 05 abr. 2025.

ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2022.** ABRELPE, Grappa Marketing Editorial, Brasil, dez. 2022. Disponível em: <https://www.abrema.org.br/panorama/>. Acesso em: 05 abr. 2025.

ABREMA. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2023.** ABREMA, Grappa Marketing Editorial, Brasil, dez. 2023. Disponível em: <https://www.abrema.org.br/download/92323/?tmstv=1709314789>. Acesso em: 05 abr. 2025.

AEP - AGÊNCIA EUROPEIA DE PRODUTIVIDADE. **La coordinación modular en la edificación.** Buenos Aires. López. 1962.

AIE - AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA. **2019 Global Status Report for Buildings and Construction.** Towards a zero-emissions, efficient and resilient buildings and construction sector. PNUMA, S.I., 2019. Disponível em: https://iea.blob.core.windows.net/assets/3da9daf9-ef75-4a37-b3da-a09224e299dc/2019_Global_Status_Report_for_Buildings_and_Construction.pdf. Acesso em: 04 abr. 2025.

AMORIM, S. R. L.; KAPP, S.; EKSTERMAN, C. F. **Manual de práticas recomendadas – Coordenação modular:** Caderno 1 – Projeto em habitação de interesse social. Rio de Janeiro, 2010.

ANGIOLETTI, R.; GOBIN, C.; WECKSTEIN, M. **Sustainable development building design and construction:** twenty-four criteria facing the facts. In: CIB WORLD

BUILDING CONGRESS, 1998. **Anais eletrônicos** [...] Gävle, 1998. Tema: Sustainable development, Research and development. Disponível em: <https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB8595.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2024.

AZEVEDO, Paulo de Tarso. **Desperdício de materiais na Construção Civil: Análise de proposta de boas práticas para gestão sustentável de resíduos**. 2023. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2023.

BALDAUF, Alexandra Staudt Follmann. **Contribuição à implementação da Coordenação Modular da construção no Brasil**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços. **Projeto Construa Brasil**. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/ambiente-de-negocios/competitividade-industrial/construa-brasil>. Acesso em: 01 jun. 2025.

BRASIL. Ministério da Fazenda. **Taxonomia Sustentável Brasileira: Plano de ação para consulta pública**. Governo Federal, Brasília, set. 2023.

CHING, F.D.K. **Arquitectura: forma, espacio y orden**. Mexico: GG, 1998.

CHUDLEY, R., GREENO, R. **Building Construction Handbook**. Oxford: Elsevier, 1988.

CIQUEIRA, Clarissa Belle de Rezende Pimentel. **A Coordenação Modular como ferramenta de projeto na arquitetura e levantamento de componentes normatizados no mercado da Construção Civil do Distrito Federal**. 2015. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

CRESPO, Marina Rosa. **Coordenação Modular: acepções contemporâneas**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

ESA, M. R., HALOG, A., RIGAMONTI, L. **Developing strategies for managing construction and demolition wastes in Malaysia based on the concept of circular economy**. Journal of Material Cycles and Waste Management, v. 19, p. 1144-1154, s.l., jul. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10163-016-0516-x>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10163-016-0516-x>. Acesso em: 03 abr. 2025.

FERNANDEZ, Jaqueline Aparecida Bória. **Diagnóstico dos resíduos sólidos da construção civil**. Relatório de Pesquisa. IPEA, S.l., 2012. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/7669>. Acesso em: 07 dez. 2024.

FUNDAÇÃO ELLEN MCARTHUR. **Towards the Circular Economy Vol. 1: an economic and business rationale for an accelerated transition**. S.l., 2013. Disponível

em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/towards-the-circular-economy-vol-1-an-economic-and-business-rationale-for-an>. Acesso em: 06 abr. 2025.

GBCB. **Compreenda o LEED**. Abr. 2025. Disponível em: <https://www.gbcbrasil.org.br/como-funciona-o-leed-conheca-as-categorias-avaliadas-na-certificacao/>. Acesso em: 30 abr. 2025.

GREVEN, Hélio Adão; BALDAUF, Alexandra Staudt Follmann. **Introdução à coordenação modular da construção no Brasil**: uma abordagem atualizada. Coleção Habitare, v.9. Porto Alegre: ANTAC, 2007.

HERNANDES, Thiago Zaldini. **LEED-NC como sistema de avaliação da sustentabilidade**: uma perspectiva nacional? 2006. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

ISO. **ISO 19650-1**: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling. 2018.

ISO. **ISO 21723**: Buildings and civil engineering works — Modular coordination — Module. 2019.

KAPP, S.; BALTAZAR, A. P.; MARCANDIER, R. **Interface digital de apoio à produção de moradias**: princípios, componentes e processos para construção coordenada modularmente – Relatório final. Departamento de Projeto da Escola de Arquitetura da UFMG, Belo Horizonte, 2009.

KOBET, Robert J. **Modular Building and the USGBC's LEED**: Version 3.0 2009 Building Rating System. Modular Building Institute. 2009.

LARA, Beatriz Leão Evangelista; DEZEN-KEMPTER, Eloísa; PENTEADO, Carmenlucia Santos G. **Economia Circular Aplicada aos Resíduos da Construção Civil**: revisão de literatura. In: IX ENSUS: Encontro de Sustentabilidade em Projeto, UFSC, Florianópolis, maio 2021. Disponível em: <https://150.162.242.35/handle/123456789/227770>. Acesso em: 06 abr. 2025.

LUCINI, H. C. **Manual técnico de modulação de vãos de esquadrias**. São Paulo: Pini, 2001.

MASCARÓ, L. E. R. de. **Coordinación Modular?** Que és? Summa, v. 103, Buenos Aires, 1976.

MEHIS. **Desenvolvimento e difusão de tecnologias construtivas para habitação social no Ceará**. Rede Habitare, FINEP, Fortaleza, 2010.

MELO NETO, Edson Muniz. **Proposta arquitetônica de habitações modulares com ênfase na racionalização construtiva**: A coordenação modular no processo projetual. 2019. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

MUNARO, M. R.; TAVARES, S. F.; BRAGANÇA, L. **Towards circular and more sustainable buildings: A systematic literature review on the circular economy in the built environment.** Journal of Cleaner Production, v. 260, s.l., 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121134>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620311811?via%3Dihub>. Acesso em: 05 abr. 2025.

OLIVEIRA, Marcos Lucas; RUPPENTHAL, Janis Elisa. **Certificação LEED: O incremento da inovação no ambiente construído em relação à sustentabilidade.** Iberoamerican Journal of Industrial Engineering, v.12, n.23, p. 17-31, Florianópolis, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.29327/263987.12.23-2>. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/IJIE/article/view/v12n2203/ARTIGO%202>. Acesso em: 01 maio 2025.

OLIVEIRA, Mirian. **Um método para obtenção de indicadores visando a tomada de decisão na etapa de concepção do processo construtivo: a percepção dos principais intervenientes.** 1999. Tese (Doutorado em Administração) – Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

ONU. **Transformando Nosso Mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável.** Brasília: Nações Unidas, S.l., 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustent%C3%A1vel>. Acesso em: 10 abr. 2025.

PNUMA - PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE. **PNUMA em 2021.** Relatório Anual. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, S.l., 2022. Disponível em: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/37946/UNEP_AR2021_PT.pdf. Acesso em: 01 abr. 2025.

PRAJAPATI, Vinay S.; PITRODA, J. R.; RAICHURA, C. S. **Opportunities and Challenges of Modular Coordination: A Review.** International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), v.9 i.04, s.l., abr. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.entcs.2008.04.064> Disponível em: <https://www.irjet.net/archives/V9/i4/IRJET-V9I4268.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2025.

RECH, A. S.; DEBRASSI, J.; LIRA, L. H.; THOMAZ, O.; SOUZA, M. A. **Certificação LEED e sua Importância nas Construções Brasileiras.** Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, v.7, n.2, p.300-312, Florianópolis, abr./jun. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v7e22018300-312>. Disponível em: https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/6212/3758 Acesso em: 29 abr. 2025.

REDE CATARINENSE DE INOVAÇÃO; SCHEER, Sérgio. **Relatório Técnico Meta 8.1.** Relatório Revisão de Normas. Ministério da Economia, S.l., 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/ambiente-de-negocios/competitividade-industrial/construa-brasil/produtos/me-edital-n0-32019-relatorio-itens-das-normas-para-revisao-v1-0.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2025.

ROMCY, Neliza Maria e Silva. **Proposta de tradução dos princípios da coordenação modular em parâmetros aplicáveis ao Building information**

modeling. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

ROMCY, Neliza Maria e Silva; CARDOSO, Daniel; BERTINI, Alexandre Araújo; PAES, André. **Desenvolvimento de aplicativo em ambiente BIM segundo princípios da Coordenação Modular**. Ambiente Construído, v. 14, n. 2, p. 23-39, Porto Alegre, abr./jun. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-86212014000200003>. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/48044/1/2014_art_aabertini.pdf. Acesso em: 15 dez. 2024.

ROSSO, T. **Teoria e prática da coordenação modular**. São Paulo: FAUUSP, 1976. SILVA, Matheus Henrique Ferreira; PAULA, Lucas Davis Ribeiro. **Coordenação Modular em acabamento cerâmico de medida comercial**. Revista Paramétrica, v.15 n.2, ago./dez. 2023. Disponível em: <https://www.periodicos.famig.edu.br/index.php/parametrica/article/view/434/335>. Acesso em: 05 maio 2025.

SILVA, Vanessa Gomes; SILVA, Maristela Gomes; AGOPYAN, Vahan. **Avaliação de edifícios no Brasil: da avaliação ambiental para avaliação de sustentabilidade**. Revista Ambiente Construído, v.3, n.3, p.7-18, Porto Alegre, jul./set. 2003. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/view/3491/1892>. Acesso em: 06 maio 2025.

SINDUSCONSP – SINDICATO DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Ações em favor a construção modular avançam**. 2023. Disponível em: <https://sindusconsp.com.br/acoes-em-favor-da-construcao-modular-avancam/>. Acesso em: 01/06/2025.

SINGH, Manav Mahan; SAWHNEY, Anil; BORRMANN, André. **Modular coordination and BIM: Development of rule based smart building components**. Elsevier, Procedia Engineering 123, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2015.10.104>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705815032051>. Acesso em: 02 fev. 2025.

U.S.GBC. **LEED v4.1: Building Design and Construction**. LEED: fev. 2024. Disponível em: https://build.usgbc.org/bd+c_guide. Acesso em: 05 maio 2025.

U.S.GBC. **Innovation: Designing with Nature, Biophilic Design for the Indoor Environment**. 2025a. Disponível em: <https://www.usgbc.org/credits/innovationcatalog/biophilicdesign?view=language>. Acesso em: 29 abr. 2025. 2025a.

U.S.GBC. **LEED Credit Library**. USGBC: 2025b. Disponível em: <https://www.usgbc.org/credits?Version=%22v4.1%22&Rating+System=%22New+Construction%22>. Acesso em: 05 maio 2025. 2025b.

U.S.GBC. **LEED Pilot Credits**. 2025c. Disponível em: <https://www.usgbc.org/pilotcredits?Rating+System=%22Residential+-+Multifamily%22&Version=%22v4%22>. Acesso em: 01 maio 2025. 2025c.

U.S.GBC. **LEED Project Directory**. 2025d. Disponível em: <https://www.usgbc.org/projects>. Acesso em: 01 maio 2025. 2025d.

U.S.GBC. **LEED Rating System**. U.S.GBC: 2025e. Disponível em: <https://www.usgbc.org/leed>. Acesso em: 29 abr. 2025. 2025e.

VIEIRA, Sidney Ribeiro; ROCHA, Joaquin Humberto Aquino; LAFAYETTE, Kalinny Patrícia Vaz; SILVA, Débora Maria. **Análise dos fatores de influência e diagnóstico da gestão dos resíduos da construção civil (RCC) nos canteiros de obra da cidade de Recife-PE**. urbe: Revista Brasileira de Gestão Urbana, v.11, dez. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.e20180176>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/urbe/a/6mm5NGsxZg8RqwGCxxJXmCG/?format=pdf>. Acesso em: 30 mar. 2025.

ZUTSHI, Ambika.; CREED, Andrew. **An international review of environmental initiatives in the construction sector**. Journal of Cleaner Production, v. 98, p. 92–106, s.l., jul. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.06.077>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652614006659>. Acesso em: 15 mar. 2025.

APÊNDICE A – Apresentação do crédito piloto para Coordenação Modular



LEED BD+C: New Construction . v4.1 – LEED v4.1

Innovation: Modular Coordination for Material Efficiency and Waste Reduction

Innovation catalog

Possible 2 Points

Intent

Promote the use of modular coordination to reduce material waste, increase construction precision, optimize building systems integration, and improve project performance in design, manufacturing, and construction processes.

Requirement

To achieve this credit, the project team must meet all the following requirements:

A. Implementation of Modular Grid

Apply a modular grid system throughout at least 70% of the architectural and structural design.

Demonstrate this through architectural drawings or/and BIM models using a coordinated modular layout for walls, floors, ceilings, and other systems.

B. Modular Components Specification

Specify at least 3 major building components (e.g., walls, flooring, ceiling, façade systems, or MEP systems) in modular dimensions based on standard product sizes, minimizing the need for cuts, adjustments, or waste during construction.

C. Material Efficiency and Waste Reduction

Provide evidence of a projected waste reduction of at least 20% (by weight or volume) in comparison to conventional non-modular construction, supported by estimates or BIM-based quantity take-offs.

D. Construction Documentation and Planning

Submit a layout plan for walls, floors, and modular components.

Include a material specification sheet indicating modular dimensions, product codes, and installation methods aligned with the modular grid.

Provide a training plan or documentation indicating that construction workers were briefed on modular installation procedures.

E. Verification and Reporting

Submit a final construction report that verifies:

Use of modular components as designed

Accuracy of installation based on the modular grid

Material usage and actual waste data

Documentation Requirements

- Modular coordination grid overlay on design plans
- Material and modular component specifications
- Waste reduction calculations or BIM take-offs
- Contractor training documentation
- Final construction verification report

APÊNDICE B – Template de documentação de crédito piloto para Coordenação Modular

Pilot Credit Worksheet

Modular Coordination Worksheet

[The following document is meant to serve as a guide for project teams submitting this pilot credit. It may be modified as the project team deems appropriate. Before submitting the pilot credit, content in brackets [], can be deleted.]

For BD+C projects

1. Project Identification

Project Name: _____
 LEED Project Number: _____
 Project Type: ☐ New Construction ☐ Core & Shell ☐ School ☐ Retail
☐ Other: _____
 Location (City/State/Country): _____

2. Modular Coordination Strategy Summary

Provide a brief description of how modular coordination was integrated into the project design and execution.

[Example: Describe the use of modular grids, component standardization, and alignment with BIM strategies.]

3. Modular Grid Description

Primary Modular Grid Used:

[Example: 1Mx1M, 6Mx6M]

Secondary Grid:

[if applicable]

Application Areas:

[Example: structure, layout, finishes]

4. BIM & Design Tools

Was BIM used to support modular coordination?

☐ Yes ☐ No

If yes, indicate the software and plug-ins used:

[Example: Revit + Modular Coordination Plug-in]

Was a modular layout plan developed?

☐ Yes ☐ No

Was a material quantity schedule automatically generated?

☐ Yes ☐ No

5. Implementation & Construction Strategy

Explain how modular coordination influenced construction planning, labor hiring, and on-site efficiency:

[Example: Use of pre-trained labor, factory pre-fabrication, reduced material waste.]

6. Modular Building Components

List the modular components used in the project and their dimensions:

Building Elements	Material Specification	Modular Dimension	Nominal Dimension	Modular Joint
[Flooring]	[Polished Rectified Porcelain Tile – Color XXX – Manufacturer XXX – Product code XXX]	[8M x 8M]	[79,7cm x 79,7cm]	[Spacing between pieces of 3mm.]
[Walls]	[Ceramic Brick – Manufacturer XXX – Product Code XXX]	[3M x 2M x 2M]	[29cm x 19cm x 19cm]	[Spacing between bricks of 10mm.]
[Ceiling]	[Mineral Ceiling Panel – Manufacturer XXX – Product Code XXX]	[6M x 6M]	[60cm x 60cm]	[no spacing needed]

[Add rows as needed]

7. Documentation Checklist

Please attach the following supporting documents:

- ☐ Modular grid layout plan
- ☐ Floor and wall layout with joint alignment
- ☐ Bill of quantities based on modular elements
- ☐ Photos or diagrams showing construction aligned to modular planning
- ☐ Summary of material savings or reduction in cutting/waste
- ☐ Team narrative on challenges and benefits

References

see ISO 21723:2019 - Buildings and civil engineering works — Modular coordination — Module

see ISO 19650-1:2018 - Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling

see NBR 15.876:2024 - Modular Coordination for buildings: principles, requirements, and modules.

Relevant national standards for modular components.

DESIGNING WITH NATURE, BIOPHILIC DESIGN FOR THE INDOOR ENVIRONMENT PILOT CREDIT – BIOPHILIC DESIGN PLAN TEMPLATE

Possible associated design strategy(s) include:

☐ **NATURAL ANALOGUES**

[Describe how the project design offers **Natural Analogues** as defined in *14 Patterns of Biophilic Design*ⁱⁱⁱ (or **Natural Shapes and Forms** as defined in *Biophilic design: the theory, science and practice of bringing buildings to life*^{iv}).]

Possible associated design strategy(s) include:

☐ **NATURE OF THE SPACE**

[Describe how the project design addresses the **Nature of the Space** as defined in *14 Patterns of Biophilic Design*^v (or **Evolved Human-nature Relationships** as defined in *Biophilic design: the theory, science and practice of bringing buildings to life*^{vi}).]

Possible associated design strategy(s) include:

☐ **PLACE-BASED RELATIONSHIPS**

[Describe how the project will be uniquely connected to the place, climate, and culture through **Place-Based Relationships** as defined in *Biophilic design: the theory, science and practice of bringing buildings to life*.^{vii}]

Possible associated design strategy(s) include:

☐ **HUMAN-NATURE INTERACTIONS**

[Describe how the project creates sufficient opportunities for human-nature interactions within the building and within the project boundary, external to the building.^{viii}]

DESIGNING WITH NATURE, BIOPHILIC DESIGN FOR THE INDOOR ENVIRONMENT PILOT CREDIT – BIOPHILIC DESIGN PLAN TEMPLATE

Possible associated design strategy(s) include:

SUMMARY:

The project plans to contain the following distinct design strategies related to Biophilic Design (*minimum of five total strategies required*).

CRITICAL TIMING ISSUES ASSOCIATED WITH EACH STRATEGY

[Use this section to discuss and determine any time-critical items associated with each biophilic design strategy. For example, this could include identification of long lead time items that impact the critical path of the project or other dependent design decisions. Increase table size as needed.]

Biophilic Design Strategy	Description of Time-critical issue	Indoor or Outdoor Strategy	Parties involved/responsible
[1]			
[2]			
[3]			
[4]			
[5]			
[6]			

ⁱ See page 9 in Browning, W.D., Ryan, C.O., Clancy, J.O. (2014). 14 Patterns of Biophilic Design. New York: Terrapin Bright Green LLC.
ⁱⁱ Table 1-1 in Kellert, Stephen R., Judith Heerwagen, and Martin Mador. (2011) *Biophilic design: the theory, science and practice of bringing buildings to life*. John Wiley & Sons.
ⁱⁱⁱ See page 10 Browning, W.D., Ryan, C.O., Clancy, J.O. (2014). 14 Patterns of Biophilic Design. New York: Terrapin Bright Green LLC.
^{iv} Table 1-1 in Kellert, Stephen R., Judith Heerwagen, and Martin Mador. (2011) *Biophilic design: the theory, science and practice of bringing buildings to life*. John Wiley & Sons.