



## Engenharia Civil Sustentável: Construindo com Responsabilidade: Estudo de Caso sobre a Construção e Ampliação da Faculdade Integra – Caldas Novas – GO

### *Sustainable Civil Engineering: Building with Responsibility: A Case Study on the Construction and Expansion of Faculdade Integra – Caldas Novas – GO*

**Francisco Cristione Gomes Mendes**

*Engenharia Civil, Faculdades Integradas da América do Sul, Caldas Novas.*

**Resumo:** A construção civil ocupa posição central no desenvolvimento urbano e, ao mesmo tempo, configura um dos setores de maior pressão sobre os recursos naturais. O presente estudo analisa as práticas de engenharia civil sustentável adotadas na construção e ampliação da Faculdade Integra, situada em Caldas Novas – GO, município cuja identidade econômica e ambiental está intrinsecamente vinculada às reservas hidrotermais. Por meio de um estudo de caso de natureza qualitativa e exploratória, combinando levantamento bibliográfico com visitas técnicas in loco e coleta de dados primários no canteiro de obras, o presente trabalho investiga quatro eixos principais: gestão energética com painéis fotovoltaicos, reúso de águas pluviais e cinzas com apoio de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) própria, sistemas construtivos industrializados (drywall e estruturas pré-moldadas) em conformidade com a norma ABNT NBR 15575 e a Resolução CONAMA n.º 307/2002. A articulação dessas tecnologias apresenta um potencial estimado de redução de até 40% no consumo de água potável, geração de energia limpa com capacidade de suprir parcela significativa da demanda institucional e diminuição expressiva dos resíduos sólidos de obra – projeções fundamentadas na literatura especializada e compatíveis com empreendimentos de perfil equivalente. Conclui-se que a infraestrutura da Faculdade Integra configura um laboratório vivo de ecodesenvolvimento regional, evidenciando que a engenharia sustentável não representa custo adicional, mas investimento estratégico cujo retorno técnico, econômico e socioambiental é respaldado pela experiência acumulada na literatura e pela coerência sistêmica das soluções.

**Palavras-chave:** sustentabilidade; engenharia civil; Caldas Novas; reúso de águas; gestão de resíduos; energia solar.

**Abstract:** Civil construction occupies a central position in urban development and, simultaneously, constitutes one of the sectors exerting the greatest pressure on natural resources. This study analyzes the sustainable civil engineering practices adopted in the construction and expansion of Faculdade Integra, located in Caldas Novas – GO, a municipality whose economic and environmental identity is intrinsically linked to the hydrothermal reserves. Through a qualitative and exploratory case study, combining a bibliographic review with in loco technical visits and primary data collection at the construction site, this work investigates four main axes: energy management with photovoltaic panels, rainwater and greywater reuse supported by an onsite Sewage Treatment Plant (STP), industrialized construction systems (drywall and precast structures), and compliance with the ABNT NBR 15575 standard and CONAMA Resolution n.º 307/2002. The integration of these technologies presents an estimated

potential for up to a 40% reduction in potable water consumption, clean energy generation capable of meeting a significant portion of the institutional demand, and a substantial decrease in construction solid waste—projections grounded in specialized literature and consistent with projects of an equivalent profile. It is concluded that the infrastructure of Faculdade Integra constitutes a living laboratory for regional ecodevelopment, demonstrating that sustainable engineering does not represent an additional cost, but rather a strategic investment whose technical, economic, and socio-environmental returns are supported by the accumulated experience in the literature and the systemic coherence of the solutions.

**Keywords:** sustainability; civil engineering; Caldas Novas; water reuse; waste management; solar energy.

## INTRODUÇÃO

Historicamente, o setor da construção civil ocupa uma posição ambivalente no desenvolvimento das sociedades contemporâneas: é simultaneamente o motor da urbanização e uma das atividades de maior impacto sobre os recursos naturais. Segundo dados do Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS, 2014), o setor responde por expressiva parcela do consumo de energia elétrica, pela geração de volumes consideráveis de resíduos sólidos e pelo uso intensivo de recursos hídricos em suas diversas etapas – extração, produção de materiais, execução e operação das edificações.

No Brasil, esse debate assumiu contornos regulatórios concretos a partir da publicação da Norma de Desempenho ABNT NBR 15575 (2013), que estabeleceu parâmetros obrigatórios de desempenho para edificações habitacionais, incorporando, entre outros requisitos, critérios de sustentabilidade ambiental, gestão de resíduos e eficiência energética. Paralelamente, a Resolução CONAMA n.º 307/2002 disciplinou os procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, responsabilizando os geradores e exigindo a elaboração de Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil (Brasil, 2002).

No cenário goiano, essas demandas assumem dimensão específica quando analisadas sob a perspectiva de municípios como Caldas Novas – GO. Reconhecida mundialmente por suas reservas de águas quentes subterrâneas, a cidade sustenta sua economia sobre um patrimônio geológico de excepcional fragilidade, tornando imperativa a adoção de práticas construtivas que não agravem a exploração do lençol freático. É nesse contexto que se insere o objeto do presente trabalho: a construção e ampliação da Faculdade Integra, empreendimento de grande porte projetado sobre um terreno de 60.000 m<sup>2</sup> e que, desde sua concepção, incorporou soluções de ecoeficiência como pilares estruturantes do projeto.

A justificativa deste estudo reside na necessidade de sistematizar e difundir práticas sustentáveis documentadas em contextos reais de engenharia civil de grande escala, contribuindo para a consolidação de referências aplicáveis ao Centro-Oeste brasileiro. As escolhas tecnológicas adotadas pela Faculdade Integra – implantação de sistema fotovoltaico, Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) própria, drywall e estruturas pré-moldadas respondem a condicionantes técnicas,

normativas e ambientais específicas do município de Caldas Novas, cuja dependência econômica do aquífero termal confere à engenharia local responsabilidades que extrapolam o cumprimento normativo padrão. Investigar a viabilidade técnica e socioambiental dessas soluções nesse contexto singular contribui, portanto, para ampliar o repertório disponível a projetistas e gestores que atuam em regiões de elevada sensibilidade ambiental.

Esta pesquisa tem como objetivo geral analisar as práticas de engenharia civil sustentável adotadas na construção e ampliação da Faculdade Integra, em Caldas Novas – GO, avaliando seu desempenho técnico, ambiental e econômico à luz das normas vigentes e da literatura especializada. Os objetivos específicos compreendem: (i) identificar e caracterizar as tecnologias sustentáveis implementadas no empreendimento, descrevendo seus princípios de funcionamento e aplicação no contexto estudado; (ii) verificar a conformidade das soluções adotadas com os requisitos da ABNT NBR 15575, da ABNT NBR 13969, da ABNT NBR 15527 e da Resolução CONAMA n.º 307/2002; (iii) estimar os benefícios hídricos, energéticos e de gestão de resíduos associados às tecnologias implementadas, com base em indicadores da literatura especializada; e (iv) discutir o potencial de replicabilidade das soluções identificadas em empreendimentos de grande porte situados em regiões de sensibilidade ambiental equivalente à de Caldas Novas.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### Sustentabilidade na Construção Civil: Bases Conceituais

O conceito de desenvolvimento sustentável foi consolidado no relatório Brundtland, publicado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento da ONU em 1987, definido como o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazer as suas próprias necessidades. No âmbito da construção civil, essa premissa desdobrou-se no conceito de Triple Bottom Line (Tripé da Sustentabilidade), que articula de maneira indissociável o desempenho econômico, a equidade social e a integridade ambiental.

No Brasil, a pauta ganha contornos normativos precisos com a NBR 15575 (ABNT, 2013), que inaugurou uma nova perspectiva ao avaliar a edificação como sistema integrado, incluindo o controle do impacto ambiental das obras como requisito de desempenho. Conforme demonstrado por Moura, Santos e Gohr Pinheiro (2016), em pesquisa publicada na Revista de Gestão Social e Ambiental (RGSA), apenas 30% das construtoras pesquisadas em Blumenau-SC reconheciam a norma em 2016, embora a implementação de ações de eficiência hídrica, energética e de gestão de resíduos fosse crescente.

Complementarmente, a Resolução CONAMA n.º 307/2002 estabelece que os geradores de resíduos da construção civil são os responsáveis pelos resíduos das atividades de construção, reforma, reparos e demolições de estruturas, tendo

como objetivo prioritário a não geração de resíduos e, em seguida, a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final adequada (Brasil, 2002). Essa norma classifica os Resíduos da Construção Civil (RCC) em quatro classes (A, B, C e D), determinando fluxos distintos de destinação para cada uma delas.

## Gestão Energética: Sistemas Fotovoltaicos em Edificações

O Brasil apresenta condições excepcionais para o aproveitamento da energia solar fotovoltaica, dada a extensão territorial e a elevada incidência solar, sobretudo nas regiões Centro-Oeste, Nordeste e Sudeste. A tecnologia fotovoltaica converte a radiação solar diretamente em energia elétrica por meio de células semicondutoras, sendo os sistemas conectados à rede os de maior adoção em edificações comerciais e institucionais.

Conforme Silva e Araújo (2022), em revisão bibliográfica publicada na Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação (DOI: 10.51891/rease.v8i3.4654), a expansão dos sistemas fotovoltaicos no Brasil está diretamente associada à redução dos custos de instalação e ao arcabouço regulatório da ANEEL, que facilitou a geração distribuída. Os autores destacam que a adoção desses sistemas em edificações urbanas é uma alternativa economicamente competitiva em relação às fontes convencionais de energia.

Do ponto de vista ambiental, estudos publicados no periódico Ambiente Construído (DOI: 10.1590/s1678-86212020000400484) demonstram que sistemas fotovoltaicos integrados à envoltória de edifícios comerciais geram economia de materiais de revestimento e contribuem para a redução das emissões de CO<sub>2</sub>, compatibilizando eficiência energética com viabilidade econômica. No caso de Caldas Novas, a implantação de placas solares no novo bloco da Faculdade Integra, inauguradas em novembro de 2024, alinha-se ao compromisso de redução do consumo de energia proveniente da rede elétrica convencional.

## Gestão Hídrica: Réuso de Águas e Tratamento de Efluentes

A escassez hídrica configura um dos maiores desafios da infraestrutura urbana contemporânea. No contexto da construção civil, o réuso de águas representa estratégia essencial tanto na fase de obras quanto na operação das edificações. A ABNT NBR 13969 (1997) e a NBR 15527 (2007) regulamentam, respectivamente, o tratamento complementar de efluentes domésticos e o aproveitamento de águas pluviais em cobertura, disciplinando parâmetros de qualidade para fins não potáveis como irrigação, lavagem de pisos e descargas sanitárias.

Segundo Tonetti *et al.* (publicação vinculada à UNICAMP, conforme resultados do periódico Engenharia Sanitária e Ambiental disponível na base SciELO), sistemas combinando filtros anaeróbios e filtros de areia demonstraram capacidade de produzir efluentes finais dentro dos padrões de réuso, mostrando a viabilidade de sistemas simplificados para tratamento de esgoto em edificações institucionais. A NBR 13969 (ABNT, 1997, p. 21) explicita que os efluentes tratados podem ser reutilizados em “irrigação de jardins, lavagem de pisos e veículos automotivos, na descarga dos vasos sanitários, na manutenção paisagística de lagos e canais”.

Barbosa (2021), citado por revisão publicada na Revista FT (ISSN 1678-0817), indica que o reúso da água cinza tratada reduz de 30% a 60% o requerimento por água potável em uma edificação. Em contextos como o de Caldas Novas, onde a proteção do lençol freático é imperativo ecossistêmico, a implantação de ETE própria na Faculdade Integra representa medida técnica de elevado impacto preventivo.

## Sistemas Construtivos Industrializados: Drywall e Estruturas Pré-Moldadas

Os sistemas construtivos industrializados despontam como alternativa sustentável ao método convencional de alvenaria por apresentarem menor geração de resíduos, maior controle de qualidade, racionalização do uso de materiais e redução do tempo de execução. Entre os mais difundidos, destacam-se o sistema drywall (gesso acartonado) e as estruturas pré-moldadas de concreto.

O drywall é definido como sistema de vedação vertical interna composto por chapas de gesso acartonado aparafusadas a perfis de aço galvanizado, caracterizando-se como construção a seco, com baixo consumo de água e mínima geração de resíduos úmidos. Arab, Farrokhzad e Habert (2021), em artigo publicado no Journal of Cleaner Production, apontam como vantagens do drywall uma redução de 60% no consumo de combustível e uma queda de 22,5% nas emissões de CO<sub>2</sub> em comparação à alvenaria convencional. Nunes (2015) registra que, enquanto uma parede de alvenaria de tijolos cerâmicos pode atingir até 180 kg/m<sup>2</sup>, uma parede de drywall pesa cerca de 25 kg/m<sup>2</sup>, reduzindo em até 20% o peso estrutural da edificação.

As estruturas pré-moldadas, por sua vez, apresentam como vantagem o controle rigoroso da produção em ambiente fabril, a padronização das peças e a montagem racionalizada no canteiro. Conforme os sistemas construtivos analisados por Tercetti e Rossoni (2022) na Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade (DOI: 10.21438/rbgas092316, 2022), a industrialização dos processos construtivos contribui diretamente para a redução da geração de resíduos no canteiro, em consonância com os objetivos da Resolução CONAMA n.º 307/2002.

## O Contexto de Caldas Novas e a Responsabilidade da Engenharia Local

Caldas Novas – GO é conhecida internacionalmente por suas reservas de águas quentes subterrâneas, exploradas para o turismo termal há décadas. A singularidade geológica do município – que abriga o maior parque aquático termal do mundo – impõe à engenharia civil local responsabilidades que vão além dos padrões normativos nacionais. Qualquer intervenção de grande porte no subsolo ou na hidrografia local pode comprometer o sistema de aquífero termal, patrimônio econômico e ambiental de toda a região.

Nesse sentido, a adoção de práticas de engenharia sustentável em empreendimentos de grande porte na cidade não constitui apenas cumprimento normativo, mas condição essencial para a preservação do ecossistema regional. A instalação de ETE própria, o aproveitamento de águas pluviais, a utilização de pavimentos permeáveis e a manutenção de 83% da área do campus destinada à conservação ambiental – como implementado pela Faculdade Integra – configuram um conjunto coerente de medidas alinhadas ao que Sachs (2007) denominou ecodesenvolvimento: a conciliação entre crescimento econômico, equidade social e prudência ecológica.

## METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se como um estudo de caso de natureza qualitativa e exploratória. Conforme Gil (2010), o estudo de caso é adequado quando se busca compreender fenômenos contemporâneos inseridos em contextos reais, especialmente quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto não são claramente evidentes. Yin (2015) acrescenta que essa modalidade é particularmente pertinente para investigações que envolvem múltiplas variáveis de evidência, demandando triangulação de fontes.

O método foi estruturado em três etapas complementares, descritas a seguir.

### Pesquisa Bibliográfica e Documental

A primeira etapa consistiu em levantamento bibliográfico em bases de dados acadêmicas, com foco em artigos científicos publicados nas bases SciELO, Portal de Periódicos da CAPES, ABNT e repositórios institucionais de universidades brasileiras. As normas técnicas consultadas foram a ABNT NBR 15575 (2013), a ABNT NBR 13969 (1997), a ABNT NBR 15527 (2007) e a Resolução CONAMA n.º 307/2002. A literatura especializada sobre sustentabilidade na construção civil, gestão de resíduos, energia fotovoltaica, reúso de água e sistemas construtivos industrializados foi sistematizada para fundamentar os critérios de análise utilizados na etapa de campo.

### Coleta de Dados e Levantamento *In Loco*

A coleta de dados primários ocorreram por meio de visitas técnicas ao canteiro de obras e às instalações concluídas da Faculdade Integra, situadas na Rua Presidente Geisel, Quadra 180, Lotes 01 e 02, Setor Lagoa Quente, Caldas Novas – GO. As visitas foram realizadas entre agosto e novembro de 2024, com foco na identificação e catalogação das soluções construtivas adotadas. Utilizou-se um roteiro de observação estruturado, organizado em três eixos analíticos:

(a) Gestão Energética: análise do sistema fotovoltaico implantado no novo bloco (inaugurado em novembro de 2024), avaliação das estratégias de iluminação zenital e natural das salas de aula, e do uso de lâmpadas LED em toda a instalação;

(b) Gestão Hídrica e Saneamento: inspeção da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) própria implantada no campus, verificação dos sistemas de captação de águas pluviais pelos brises arquitetônicos, análise da permeabilidade do solo proporcionada pelo piso intertravado e avaliação do aproveitamento da água de condensação dos aparelhos de ar-condicionado;

(c) Sistemas Construtivos Industrializados: avaliação do emprego de pilares, vigas e lajes pré-moldadas no primeiro e no segundo blocos, análise do fechamento em drywall das vedações internas e verificação da conformidade das soluções com os requisitos de desempenho da NBR 15575 (2013).

## Análise e Processamento dos Dados

Os dados coletados foram analisados de forma comparativa, confrontando as práticas observadas in loco com as recomendações da literatura especializada, os parâmetros normativos da ABNT e os benefícios documentados na produção científica. A triangulação das fontes (observação técnica, documentação institucional e referencial teórico) permitiu uma análise robusta das soluções adotadas, avaliando sua conformidade normativa e seu potencial de replicação em outros empreendimentos da região Centro-Oeste.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

**Quadro 1 - Síntese das Soluções de Engenharia Sustentável Adotadas.**

Solução Adotada	Normas Aplicáveis	Indicador de Desempenho Esperado	Fonte (Referencial Teórico)
Gestão Energética: Painéis Fotovoltaicos, lâmpadas LED e sistemas Inverter	Lei n.º 14.300/2022 (Geração Distribuída) e ABNT NBR 15575	Suprimento de demanda institucional; redução significativa de emissões de CO <sub>2</sub>	Silva e Araújo (2022); Chaves <i>et al.</i> (2026)
Gestão Hídrica: ETE própria, reúso de águas pluviais e de condensação	ABNT NBR 13969, ABNT NBR 15527 e CONAMA n.º 307/2002	Redução de até 40% no consumo de água potável	Tonetti <i>et al.</i> (2026); Barbosa (2021)
Vedações Internas: Sistema Drywall (construção a seco)	ABNT NBR 15575 (Desempenho Térmico e Acústico)	Redução de 22,5% nas emissões de CO <sub>2</sub> e peso estrutural ~85% menor que alvenaria	Arab, Farrokhzad e Habert (2021); Nunes (2015)
Estrutura: Pilares, vigas e lajes pré-moldadas de concreto	CONAMA n.º 307/2002 e ABNT NBR 15575	Redução estimada de 50% na geração de resíduos sólidos de obra	Tercetti e Rossone (2022)
Pavimentação: Piso intertravado em áreas externas	Diretrizes de Ecodesenvolvimento e proteção de aquíferos	Manutenção da permeabilidade do solo e recarga do lençol freático termal	Sachs (2007)

Fonte: autoria própria.

## Caracterização do Empreendimento

A Faculdade Integra – Faculdades Integradas da América do Sul – está instalada no Loteamento Lagoa Golden Park, em Caldas Novas – GO, em um terreno de 60.000 m<sup>2</sup>, dos quais 83% são destinados à conservação ambiental. A instituição atende a mais de 1.900 estudantes no modelo presencial (dados de dezembro de 2024) e opera em dois blocos físicos. O primeiro bloco foi edificado com foco em sustentabilidade desde a sua concepção; o segundo bloco, cuja primeira etapa foi concluída em 2024, seguiu o mesmo padrão tecnológico, ampliando os laboratórios modernos, salas de aula e um auditório, e incorporando o sistema de energia fotovoltaica.

Figura 1 - Localização.

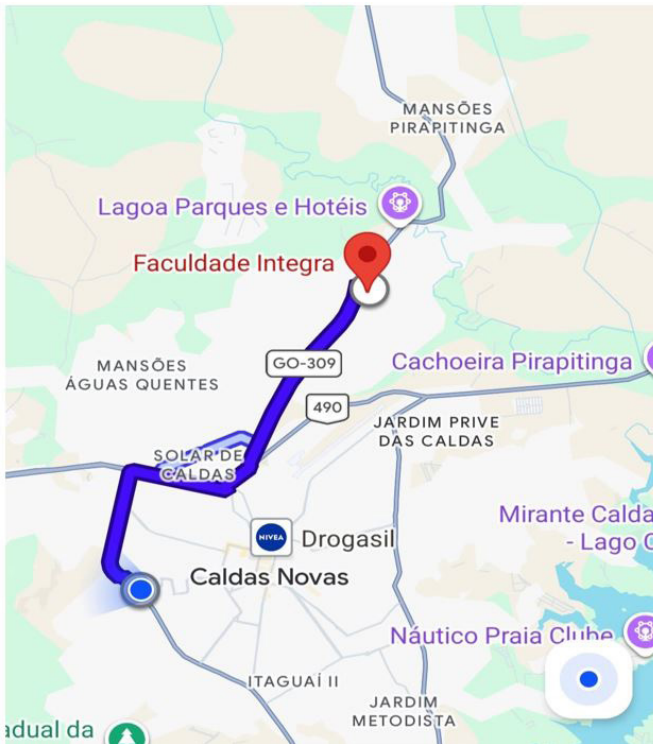


Foto: Google Maps (2026).

O projeto arquitetônico foi concebido para minimizar os impactos ecológicos em todas as suas fases, do planejamento à operação cotidiana. Como símbolo do compromisso institucional com a preservação ambiental, foram plantadas 50 mudas de Ipê no campus, e mantidos pequizeiros nativos do Cerrado, espécie representativa do bioma goiano, compondo o paisagismo local.

## Sistemas Construtivos: Drywall e Pré-Moldados

A estrutura dos dois blocos do campus emprega pilares, vigas e lajes pré-moldadas, garantindo montagem ágil, maior controle do canteiro e menor geração de resíduos em comparação à moldagem in loco de peças de concreto. O uso de estruturas pré-moldadas reduz o tempo de permanência de formas e escoramentos no canteiro, diminuindo o consumo de madeira e a geração de resíduos de Classe B – conforme a classificação da Resolução CONAMA n.º 307/2002 (Brasil, 2002).

**Figura 2 - Foto Visão Aérea da Faculdade Integra.**



**Fonte: Faculdade Integra – Caldas Novas (GO)**

**Figura 3 - Foto Construção do Bloco Principal da Faculdade Integra.**



**Fonte: Faculdade Integra – Caldas Novas (GO).**

**Figura 4 - Foto Bloco Principal Faculdade Integra.**

**Fonte: Faculdade Integra – Caldas Novas (GO)**

Para a construção das vedações internas, foi adotado o sistema drywall, em conformidade com os estudos de Arab, Farrokhzad e Habert (2021), que demonstraram sua superioridade ambiental frente à alvenaria convencional. Além da já citada redução nas emissões de CO<sub>2</sub>, o drywall dispensou o uso de argamassa e minimizou os resíduos úmidos no canteiro, contribuindo para um ambiente de trabalho mais organizado e para a redução da carga estrutural sobre as fundações. Segundo Santos e Rachid (2016), citados na literatura especializada, o uso de divisórias em drywall é uma técnica construtiva limpa que gera menos resíduos e possui menor desperdício de material de produção.

Do ponto de vista normativo, as vedações verticais internas em drywall atendem aos requisitos de desempenho acústico e térmico previstos na NBR 15575 (ABNT, 2013), tendo demonstrado bom desempenho acústico frente ao sistema tradicional, conforme capturado em estudos comparativos. A leveza do sistema – em torno de 25 kg/m<sup>2</sup> versus até 180 kg/m<sup>2</sup> das alvenarias convencionais (Nunes, 2015) – também reduziu as cargas transferidas para as fundações, otimizando o projeto estrutural e diminuindo o volume de concreto utilizado.

### **Gestão Energética: Sistema Fotovoltaico e Iluminação Eficiente**

Em novembro de 2024, a Faculdade Integra inaugurou a instalação de placas solares fotovoltaicas no novo bloco do campus, alinhando-se ao movimento nacional de expansão dos sistemas de geração distribuída. A iniciativa enquadra-se no arcabouço regulatório da ANEEL e na Lei n.º 14.300/2022, que estabeleceu o Marco Legal da Geração Distribuída no Brasil, ampliando os incentivos para a instalação de sistemas fotovoltaicos em edificações de uso não residencial.

Do ponto de vista técnico, a escolha por sistemas fotovoltaicos em edificações de ensino superior é amplamente respaldada pela literatura. Silva e Araújo (2022),

em revisão publicada na Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação (DOI: 10.51891/rease.v8i3.4654), apontam que o Brasil apresenta condições excepcionais de irradiação solar, especialmente na região Centro-Oeste, onde Caldas Novas está inserida. Estudos citados por Chaves *et al.* (publicados na Revista FT, ISSN 1678-0817) indicam que edificações no interior de Goiás com sistema fotovoltaico instalado evitaram a emissão de aproximadamente 34 toneladas de CO<sub>2</sub> em dois anos, evidenciando o expressivo impacto ambiental positivo da tecnologia nessa região.

Complementarmente ao sistema fotovoltaico, toda a iluminação artificial da instituição é feita com lâmpadas do tipo LED, de maior eficiência energética em comparação às tradicionais incandescentes. O projeto arquitetônico privilegiou grandes janelas e iluminação zenital nas salas de aula, favorecendo o aproveitamento da luz natural durante o dia e reduzindo a dependência da iluminação artificial. Os aparelhos de ar-condicionado instalados utilizam tecnologia inverter, que ajusta continuamente a potência do compressor conforme a demanda de refrigeração, reduzindo o consumo elétrico em até 30% frente a aparelhos convencionais de igual capacidade.

**Figura 5 - Placas Solares.**



**Fonte: autoria própria.**

**Figura 6 - Sala de aula recebe luz natural.**

Fonte: autoria própria.

## **Gestão Hídrica: ETE, Reúso de Águas Pluviais e Condensação**

A gestão hídrica constitui o eixo de maior relevância ambiental do empreendimento, considerando a sensibilidade do aquífero termal de Caldas Novas. Nesse sentido, a Faculdade Integra implantou um sistema integrado de aproveitamento e tratamento de água, composto por três componentes principais: (a) Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) própria; (b) captação e reúso de águas pluviais; e (c) aproveitamento da água de condensação dos sistemas de ar-condicionado.

A ETE foi instalada para garantir o tratamento adequado dos efluentes gerados no campus antes de seu retorno ao meio ambiente, contribuindo para o saneamento e a mitigação de impactos no entorno. Do ponto de vista normativo, essa instalação atende aos preceitos da ABNT NBR 13969 (1997), que regula os tanques sépticos e as unidades de tratamento complementar, e aos princípios da Resolução CONAMA n.º 307/2002, que exige a correta gestão dos efluentes para proteção dos lençóis freáticos. A NBR 13969 (ABNT, 1997, p. 21) prevê explicitamente que efluentes tratados podem ser reutilizados em sanitários, irrigação e lavagem de pisos, fins nos quais o reúso é aplicado na Faculdade Integra.

Figura 7 - ETE.



Fonte: autoria própria.

As águas pluviais são coletadas pelos brises arquitetônicos instalados nas fachadas do edifício e encaminhadas para reservatórios, sendo reutilizadas nos sanitários e na irrigação do paisagismo. Essa solução atende às diretrizes da ABNT NBR 15527 (2019), que regulamenta o aproveitamento de água de chuva em coberturas urbanas para fins não potáveis. Considerando que o consumo de água nos sanitários de uma edificação de uso coletivo pode representar parcela expressiva do consumo total, o aproveitamento de águas pluviais tem potencial de reduzir de 30% a 40% a demanda por água potável, conforme estimativas publicadas em estudos de saneamento predial.

O aproveitamento da água de condensação dos aparelhos de ar-condicionado completa o ciclo hídrico eficiente do campus. Em regiões de clima quente e úmido como Caldas Novas, onde os sistemas de climatização operam por extenso período do ano, a condensação gera volumes significativos de água que, em sistemas convencionais, são simplesmente descartados. Na Faculdade Integra, essa água é coletada e direcionada para usos compatíveis com sua qualidade, contribuindo para a redução do consumo de água potável.

A permeabilidade do solo no campus também é assegurada pelo emprego de piso intertravado nas áreas de circulação externa, substituindo superfícies impermeáveis que impediriam a recarga do lençol freático. Em uma cidade cuja economia depende da manutenção do aquífero termal, essa escolha construtiva transcende a eficiência técnica e assume dimensão de proteção do patrimônio coletivo.

## Conservação Ambiental e Aspectos Socioambientais

Além das soluções tecnológicas de engenharia, a Faculdade Integra incorporou dimensões de responsabilidade ambiental no desenho do campus. A preservação de 83% do terreno como área de conservação, o plantio de 50 mudas de Ipê, a manutenção de pequizeiros nativos do Cerrado e a instalação de bicicletário constituem evidências concretas de uma postura institucional coerente com os princípios do Triple Bottom Line.

A praça de convivência foi projetada com bancos e lixeiras produzidos integralmente em PET reciclado, demonstrando a aplicação prática de economia circular em componentes de uso cotidiano. A cantina externa conta com telhado verde, sistema que reduz a temperatura interna, minimiza a poluição urbana e melhora o microclima local, conforme amplamente documentado na literatura de desempenho térmico de edificações.

Do ponto de vista pedagógico, a infraestrutura sustentável do campus funciona como laboratório vivo para os discentes de engenharia e demais cursos da instituição. A possibilidade de observar in loco sistemas fotovoltaicos, ETE, aproveitamento de águas pluviais e sistemas construtivos industrializados potencializa a formação técnica e estimula a cultura de responsabilidade ambiental entre os profissionais em formação.

## Conformidade Normativa e Indicadores de Desempenho

A análise da Faculdade Integra sob a ótica da ABNT NBR 15575 (2013) evidencia que as soluções adotadas atendem ou superam os requisitos mínimos de desempenho estabelecidos pela norma em suas dimensões de sustentabilidade ambiental e eficiência. A norma determina que o sistema de esgoto da edificação deve estar ligado à rede pública ou a algum outro sistema de tratamento e disposição de efluentes (ABNT, 2013), requisito atendido pela ETE própria da instituição. O controle de resíduos no canteiro, outra exigência da norma, foi assegurado pelo emprego de sistemas construtivos industrializados que, por sua natureza, geram volumes substancialmente menores de resíduos sólidos.

Em termos de indicadores quantitativos, embora os dados precisos de medição em longo prazo ainda estejam em consolidação, as estimativas baseadas na literatura especializada e nos sistemas instalados apontam para: (i) redução de até 40% no consumo de água potável, pela combinação de reúso de água pluvial, condensação e ETE; (ii) redução estimada de 50% na geração de resíduos sólidos de construção, pela adoção de pré-moldados e drywall; e (iii) geração de energia fotovoltaica com potencial de suprir parcela significativa da demanda elétrica do campus, contribuindo para a redução das emissões de CO<sub>2</sub> associadas ao consumo energético institucional.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo de caso da construção e ampliação da Faculdade Integra, em Caldas Novas – GO, demonstrou que a engenharia civil sustentável é tecnicamente viável, economicamente justificável e socioambientalmente responsável quando aplicada de maneira sistêmica e integrada. As soluções implementadas – sistema fotovoltaico, ETE própria, reúso de águas pluviais e de condensação, drywall, estruturas pré-moldadas e pavimento permeável – formam um conjunto coerente de práticas ecoeficientes que se reforçam mutuamente e produzem resultados concretos.

Em termos de gestão hídrica, a combinação da ETE, do aproveitamento pluvial e da água de condensação tem potencial de reduzir em até 40% o consumo de água potável no campus, contribuição de importância estratégica em um município cuja sustentabilidade econômica depende diretamente da preservação do aquífero termal. Em relação à gestão de resíduos, o emprego de sistemas industrializados demonstrou conformidade com as exigências da Resolução CONAMA n.º 307/2002 e com os requisitos de sustentabilidade da ABNT NBR 15575 (2013), representando redução estimada de 50% na geração de resíduos sólidos de construção em comparação a sistemas convencionais equivalentes.

A instalação do sistema fotovoltaico reforça o compromisso da instituição com a transição energética e com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, em especial o ODS 6 (água potável e saneamento) o ODS 7 (energia limpa e acessível) o ODS 11 (cidades sustentáveis) e o ODS 13 (ação contra a mudança global do clima). A geração de energia solar no campus não apenas reduz os custos operacionais da instituição a médio e longo prazo, como também elimina a emissão de toneladas de CO<sub>2</sub> que seriam geradas pelo consumo de energia elétrica da rede convencional.

Do ponto de vista pedagógico, a infraestrutura da Faculdade Integra cumpre papel que transcende a função estrutural: ao funcionar como laboratório vivo de engenharia sustentável, a instituição forma engenheiros civis com experiência prática direta nos sistemas que serão chamados a projetar e executar em sua vida profissional. Essa dimensão educativa representa um valor institucional e social de difícil mensuração, mas de impacto duradouro na cultura técnica regional.

Por fim, o presente estudo conclui que a Faculdade Integra representa um modelo replicável de ecodesenvolvimento para empreendimentos de grande porte no Centro-Oeste brasileiro. A experiência sistematizada nesta pesquisa oferece subsídios concretos para arquitetos, engenheiros, gestores públicos e investidores que buscam conciliar crescimento institucional com responsabilidade ambiental e social. Recomenda-se, para estudos futuros, o monitoramento sistemático dos indicadores hídricos e energéticos do campus em período mínimo de três anos, de modo a validar quantitativamente os resultados estimados e produzir dados primários para a consolidação da literatura de engenharia sustentável aplicada ao contexto goiano.

## REFERÊNCIAS

- ARAB, Maryam; FARROKHZAD, Mohammad; HABERT, Guillaume. Evaluation of dry wall system and its features in environmental sustainability. **Journal of Cleaner Production**, v. 278, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123784>. Acesso em: 10 fev. 2026.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13969: Tanques Sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação**. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15527: Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15575: Edificações habitacionais – Desempenho**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução n.º 307, de 5 de julho de 2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 jul. 2002. Disponível em: [https://conama.mma.gov.br/?option=com\\_sisconama&task=arquivo.download&id=305](https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=305). Acesso em: 10 fev. 2026.
- BARBOSA, Larissa Duarte Alves. Sustentabilidade na construção civil: reúso da água. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 7, n. 7, p. 296-301, 2021.
- CAMPOS, Nuria Fernanda Rocha *et al.* Simulação computacional como ferramenta de otimização na geração de energia solar fotovoltaica. **Revista Brasileira de Gestão Urbana (URBE)**, v. 12, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.012.e20190343>. Acesso em: 10 fev. 2026.
- CANTO, Âmila Maila Cornélio; BRASIL, Ana Livia Lima; SOARES, Davi dos Santos; COSTA, Thayane Ribeiro da. reúso de água na construção civil: estratégias sustentáveis e aplicações práticas. **Revista FT**, ed. 138, dez. 2024. ISSN 1678-0817. Disponível em: <https://revistaft.com.br/reuso-de-agua-na-construcao-civil-estrategias-sustentaveis-e-aplicacoes-praticas/>.
- CHAVES, Alerrando Ferreira *et al.* Sustentabilidade na Engenharia Civil: caso de estudo dos benefícios da energia solar fotovoltaica. **Revista FT, ISSN 1678-0817**. Disponível em: <https://revistaft.com.br/sustentabilidade-na-engenharia-civil-caso-de-estudo-dos-beneficios-da-energia-solar-fotovoltaica/>. Acesso em: 10 fev. 2026.
- CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL (CBCS). **Aspectos da construção sustentável no Brasil e promoção de políticas públicas**. São Paulo: CBCS, 2014. Disponível em: <http://www.cbcs.org.br>. Acesso em: 10 fev. 2026.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

LIMA, A. A. *et al.* Uma revisão dos princípios da conversão fotovoltaica de energia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 42, p. e20190191, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2019-0191>. Acesso em: 10 fev. 2026.

MOURA, J. M. B. M. de; SANTOS, J. T. dos; GOHR PINHEIRO, I. Percepção do impacto da NBR 15575 na sustentabilidade da edificação. **Revista de Gestão Social e Ambiental – RGSA**, v. 10, n. 3, p. 37–54, 2016. Disponível em: <https://rgsa.openaccesspublications.org/rgsa/article/view/1107>. Acesso em: 10 fev. 2026.

NUNES, Heloia Palma. **Estudo da aplicação do Drywall em edificação vertical. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil)**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2015.

ROMEIRO, Ademar Ribeiro. **Desenvolvimento sustentável: uma perspectiva econômico-ecológica**. Estudos Avançados, São Paulo, v. 26, n. 74, p. 65–92, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142012000100006>. Acesso em: 10 fev. 2026.

SACHS, Ignacy. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2007.

SILVA, H. M. F. da; ARAÚJO, F. J. C. Energia solar fotovoltaica no Brasil: uma revisão bibliográfica. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 8, n. 3, p. 859–869, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.51891/rease.v8i3.4654>. Acesso em: 10 fev. 2026.

TERCETTI, Rodolfo Luiz; ROSSONI, Hygor Aristides Victor. O reúso industrial de água residuária tratada: o estado da arte por meio de uma revisão sistemática de literatura. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 9, n. 23, 2022. Disponível em: [https://doi.org/10.21438/rbgas\(2022\)092316](https://doi.org/10.21438/rbgas(2022)092316). Acesso em: 10 fev. 2026.

TONETTI, A. L. *et al.* **Tratamento de esgoto e produção de água de reúso com o emprego de filtros de areia**. Engenharia Sanitária e Ambiental, SciELO. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/z3dS9dBbMyQtVDJtTByytwz/>. Acesso em: 10 fev. 2026.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.