



doi: 10.19177/rgsa.v6e22017567-589

REGULARIZAÇÃO E TECNOLOGIAS CONSTRUTIVAS SUSTENTÁVEIS APLICADAS A UMA CASA DE SHOWS

Lucas Ferreira Gomes¹

Priscyla Gonçalves²

Maria Karla Teles³

Thiago Pereira Souza¹¹

Alexandre Túlio Amaral Nascimento¹²

Gabriela Miranda Santos¹³

RESUMO

Este artigo trata da concepção de uma Casa de Shows no município de Divinópolis – Minas Gerais, e tem como objetivo integrar os conhecimentos teóricos e práticos desenvolvidos durante a graduação em Engenharia Civil (ênfase em meio ambiente) pelo Trabalho Integralizador Multidisciplinar (TIM), na Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG). Tendo em vista a atual necessidade de resposta aos problemas gerados pela exploração dos recursos naturais e dos impactos ambientais da construção no meio, o trabalho promove o emprego de tecnologias e sistemas da Construção Sustentável, baseados nos conceitos da certificação *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED). Discute-se também os aspectos legais para a regularização e funcionamento do empreendimento. Nesses contextos, apresenta-se um conceito que associa o desenvolvimento de construções que una custo-benefício a bem-estar ambiental.

Palavras-chave: Construção Civil; Multidisciplinaridade; Regularização Ambiental; Construções Sustentáveis; Certificação LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*); Meio Ambiente.

¹ Estudante de Engenharia Civil com Ênfase em Meio Ambiente pela UEMG Divinópolis. E-mail: lucas-ferreira@hotmail.com

² Estudante de Engenharia Civil com Ênfase em Meio Ambiente pela UEMG Divinópolis. E-mail: gonalves.priscyla@gmail.com

³ Estudante de Engenharia Civil com Ênfase em Meio Ambiente pela UEMG Divinópolis. E-mail: mkarlateleles@hotmail.com

¹¹ Estudante de Engenharia Civil com Ênfase em Meio Ambiente pela UEMG Divinópolis. E-mail: dorivinha@hotmail.com

¹² Biólogo (Universidade Federal de Viçosa, 2002), Mestre em Ecologia Aplicada (Universidade de São Paulo, 2008), Doutor em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre (Universidade Federal de Minas Gerais, 2014) e Professor na Universidade do Estado de Minas Gerais. E-mail: alexandre.nascimento@uemg.br

¹³ Estudante de Engenharia Civil com Ênfase em Meio Ambiente pela UEMG Divinópolis. E-mail: gabriela.engcivil@yahoo.com.br

1 INTRODUÇÃO

O mundo hoje sente a degradação ambiental gerada pelo uso, historicamente displicente, dos recursos naturais. O setor da construção civil é um dos principais responsáveis por grandes impactos ambientais e geração de resíduos, que modificam o meio tanto na sua fase de planejamento, de construção e uso, conforme estabelece Nascimento (2014).

Considerando o impacto da construção civil sobre o meio ambiente e a importância de profissionais capazes de atuar sobre essas questões, a Universidade do Estado de Minas Gerais, UEMG – Unidade Divinópolis, propõe a seus discentes o desenvolvimento de um Trabalho Integralizador Multidisciplinar (TIM). Iniciado no terceiro período da graduação em Engenharia Civil, o TIM é desenvolvido pelos alunos em grupos, que buscam integrar os conceitos aprendidos em sala de aula em um empreendimento da construção civil, no caso uma Casa de Shows. Nos nono e décimo períodos o trabalho é concluído no Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), no nono período o foco é ambiental e no décimo estrutural.

O TIM envolve, ao longo da graduação, atividades em campo, como o levantamento da vegetação nativa no loteamento do empreendimento, listagem dos possíveis impactos ambientais gerados, análises das áreas urbanas adequadas para o empreendimento e aplicabilidade de tecnologias sustentáveis de construção. Este artigo consolida os aspectos ambientais do empreendimento, destacando seu licenciamento, regularização e sustentabilidade.

A Casa de Shows tem área total de 1.870 m², dos quais a área útil para o público é de 1.020 m², com capacidade para comportar 2.000 pessoas.

Os principais impactos socioambientais com soluções estabelecidas são com relação à supressão vegetal da área, a influência da edificação no escoamento pluvial superficial, a dissipação de ruídos para a comunidade ao redor, a geração de resíduos na fase construtiva e a demanda energética e hídrica do empreendimento em funcionamento. As soluções foram incorporadas no escopo do projeto estrutural e arquitetônico através das tecnologias construtivas adotadas e plano de gestão de resíduos da fase de construção.

Com o objetivo de contribuir para a adequação do sistema construtivo ao desafio da sustentabilidade, é apresentado: (1) O processo de regularização ambiental da Casa de Shows, e (2) O emprego de soluções sustentáveis, como

reaproveitamento de águas pluviais, gerenciamento de resíduos no canteiro de obras e utilização de energia fotovoltaica.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 ASPECTOS LEGAIS PARA REGULARIZAÇÃO E FUNCIONAMENTO

A casa de shows se caracteriza como um ambiente de diversão com alta concentração de pessoas. Nesse sentido, existem algumas leis e deliberações que regulam o funcionamento desses estabelecimentos no aspecto ambiental, social e de segurança.

Considerando o aspecto ambiental, é imprescindível para a regularização do empreendimento que se verifique junto à Superintendência Regional de Meio Ambiente (SUPRAM) os documentos a serem apresentados para emissão da licença ambiental. No estado de Minas Gerais fica atribuída ao Conselho Estadual de Políticas Ambientais (COPAM) a competência de regulamentar e estabelecer os procedimentos para regularização ambiental, através da Deliberação Normativa nº 74 de 2004.

A Deliberação Normativa (DN) 74 de 2004 do COPAM classifica os empreendimentos ou atividades de acordo com seu potencial poluidor/degradador ao meio ambiente em seis classes distintas. A casa de shows, objeto desse trabalho, se enquadra na “Listagem F – Serviços e Comércio Atacadista” no grupo “F-03-05-0 - Prestação de outros serviços não citados ou não classificados”, sendo esse um código genérico em razão de não possuir um grupo que classifique especificamente casas noturnas ou de shows.

Dentro do grupo “F-03-05-0”, é possível classificar o empreendimento com Potencial Poluidor Geral como médio e o Porte do Empreendimento como pequeno, dentro do limite de Área útil menor que 1 hectare e Número de empregados menor que 20. Tendo em mãos esses dados, o enquadramento ambiental do empreendimento fica dentro da Classe 1.

De acordo com o Artigo 2º da DN 74/2004, os empreendimentos enquadrados nas Classes 1 e 2 são dispensados do Licenciamento Ambiental no âmbito estadual, devendo, obrigatoriamente, requerer a Autorização Ambiental de Funcionamento (AAF) – um processo mais simples e rápido para sua regularização. Para dar

entrada no licenciamento é necessária apresentação do Formulário de Caracterização do Empreendimento (FCE), um formulário eletrônico, descrevendo detalhadamente o empreendimento para análise, sendo passível o requerimento de novos estudos ou documentos para regularização, de acordo com critérios do órgão ambiental. O órgão licenciador gerará o Formulário de Orientação Básica Integrado (FOBI), onde estarão indicados todos os documentos que deverão ser apresentados em prazo de 30 dias para que se dê início ao processo de análise para concessão da AAF.

Dentre os requisitos legais para abertura e funcionamento de uma Casa de Shows, o estado, pela Lei 14.130/2001 e dos Decretos 44.746/2008 e 46.595/2014, regulamentam a prevenção e segurança contra pânico e incêndio, propondo medidas de controle em caso de incêndio, enfatizando o cálculo de saídas de emergência e concedendo autonomia ao Corpo de Bombeiros para fiscalização e aprovação dos projetos contra incêndio e pânico.

A Prefeitura Municipal de Divinópolis, pela Lei 6.907/2008 estabelece a emissão do Alvará de Localização e Funcionamento como requisito para esse tipo de empreendimento, definindo normas disciplinares de funcionamento, higiene e segurança. O mesmo só pode ser emitido com vistoria prévia e aprovação do projeto de incêndio pelo Corpo de Bombeiros, através do Auto de Vistoria do Corpo de Bombeiros (AVCB). Outro requisito, é que o empreendimento esteja de acordo com a Lei Municipal 2418/1988 que dispõe sobre Uso e Ocupação do Solo, para este empreendimento a localização mais indicada se insere dentro de uma Zona de Uso Múltiplo (ZUM) do município, visto que as áreas residenciais não podem abrigar este tipo de negócio.

O projeto de incêndio e segurança de casas de shows deve respeitar a ABNT NBR 9007:2001 a respeito das saídas de emergências em edifícios, que inclui o número máximo possível de público com relação à área útil do empreendimento, sendo este de duas pessoas por metro quadrado. De acordo com a norma, a casa pode contar com máximo de 2.000 pessoas e deve possuir 20 Unidades de Passagem, onde cada Unidade significa uma abertura de 0,55m resultando um total de 11 metros a somatória das saídas. No caso deste empreendimento, são projetadas 5 saídas com 3,90 metros de largura para estar em conformidade com o estabelecido.

O Corpo de Bombeiros de Minas Gerais também estabelece alguns fatores e normas de segurança a serem seguidas contra incêndio e pânico, através de suas Instruções Técnicas (IT), para efeito de projeto e emissão do AVCB. A NBR 9050:2005 – Acessibilidade a edificações é também um requisito exigido pela Prefeitura para emissão do alvará de funcionamento.

Por fim, é interessante destacar que para estar em conformidade, o empreendimento deve respeitar a Lei Municipal 5380/2002 que dispõe sobre poluição sonora. Esta norma municipal estabelece o limite de 50 decibéis para os ruídos que atinjam o ambiente externo do recinto de origem entre as 22:00 horas e as 07:00 horas, horário de pico de funcionamento do empreendimento. Para garantir essa conformidade o estabelecimento contará com cinturão verde com árvores para quebra do som, além de isolamento acústico duplo em toda sua estrutura.

2.2 SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Em resposta ao colapso dos ecossistemas naturais, seus serviços e matéria-prima, a sociedade tem encarado o desafio da sustentabilidade, inclusive o segmento da construção civil, um dos que mais poluem e usufruem dos recursos naturais. De acordo com Stefanuto e Henkes (2013, p. 284) “é imprescindível um olhar holístico para encontrar soluções verdes no ramo das construções, a fim de que se obtenha o melhor desempenho ambiental”. Tais soluções podem ser encontradas por novas tecnologias e inovações a serem empreendidas em todas as etapas das construções – da sua concepção ao seu funcionamento.

A certificação de construções, segundo princípios da sustentabilidade, é uma das maneiras encontradas por gestores e construtores para responder à demanda por construções mais sustentáveis. A certificação também agrega valor de mercado a esses empreendimentos inovadores, com utilização do marketing verde. Um ponto interessante sobre as tecnologias sustentáveis desenvolvidas é que elas podem demandar um investimento inicial maior que o convencional, porém o valor é recuperado com o tempo de uso da edificação, e se os sistemas forem concebidos desde a fase de projeto o valor pode equilibrar com o mercado padrão atual (GARCIA et al., 2013).

A certificação LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), que inspirou adequações na Casa de Shows, foi criada pelo Conselho Norte Americano

de Construção Verde e está sendo cada vez mais difundida no Brasil. O sistema da certificação LEED busca incorporar à construção civil responsabilidade socioambiental, incentivando o desenvolvimento de produtos e serviços sustentáveis (IKERT, 2010).

Os critérios analisados pela certificação são: Espaço Sustentável, Eficiência do uso da Água, Energia e Atmosfera, Materiais e Recursos, Qualidade Ambiental Interna e Inovação de Processos e Projetos. Através de pontuações, pelo preenchimento em diversos requisitos, são atribuídos diferentes tipos e classes de certificação. A Casa de Shows usa como referência a certificação LEED em Novas Construções. Nesse intuito, são incorporados ao empreendimento: sistema de reaproveitamento de águas pluviais, sistema de geração de energia fotovoltaica, gestão de resíduos no canteiro de obras e uso de materiais reciclados ou sustentáveis.

2.2.1 Gestão de Resíduos no Canteiro de Obras

Empreendimentos de construção civil devem atentar-se para os resíduos gerados durante a implementação e mesmo no funcionamento do empreendimento. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei Nº 12.305/2010, a resolução CONAMA 307/2002 e suas correlatas, como a resolução CONAMA 448/2012 e 469/2015, trata dos Resíduos da Construção Civil (RCC) e seu destino, classificando-os e definindo os geradores obrigados a terem planos de gestão de resíduos da construção civil, bem como da obrigatoriedade dos planos municipais de gestão dos resíduos da construção civil.

A resolução CONAMA 307/2002 classifica os RCC em quatro classes. A classe “A” engloba os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, a classe “B” para os resíduos recicláveis para outras destinações que não o reaproveitamento na construção, a classe “C” para os resíduos que não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação e a classe “D” os resíduos perigosos oriundos do processo de construção.

Embasados na resolução CONAMA 448/2012 pode ser estabelecido um *layout* no canteiro de obra, determinando espaços adequados para armazenamento dos resíduos do empreendimento, de modo que fiquem separados em suas classes

e destinos de reuso. Com o condicionamento adequado no canteiro de obra podemos posteriormente destina-los a locais onde receberão tratamento adequado.

Resíduos de “classe A” seguirão para estações de triagem e reciclagem de resíduos de construção civil, onde serão processados e transformados em agregados reciclados, podendo ser utilizados em novas construções onde o agregado não tenha função estrutural. É importante salientar que os resíduos destinados para essas estações não podem ter contaminação excessiva de outros materiais (máximo 10%) como papel, plástico, metal, etc. Por isso, o cuidado de separa-los adequadamente no canteiro de obra para evitar sua contaminação e inutilização.

Resíduos de “classe B”, podem ser direcionados a cooperativas ou empresas especializadas em tratar e comercializar produtos reciclados. A logística reversa pode, também, ser aplicada a esta classe, sendo os produtores e distribuidores dos produtos responsáveis pelo recolhimento dos materiais destinados ao comércio.

Os demais resíduos de “classe C” e “D”, atualmente, não possuem uma tecnologia viável do ponto de vista financeiro para seu beneficiamento ou reutilização. Dessa forma, resíduos dessas classes serão armazenados, transportados e dispostos de acordo com as normas técnicas específicas, sendo destinados como rejeitos.

Uma forma de suprir a inviabilidade de reciclagem dos resíduos de “classe C” e “D”, é substituí-los por materiais que não agridam o meio ambiente. Na “classe D” o foco é dado às tintas e solventes utilizados em obras. Esses produtos são potenciais Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs), podendo conter substâncias que acumulam nos organismos e não se eliminam com tempo, ou seja, biomagnificam, podendo causar problemas à saúde humana e do ambiente (FARIAS et al., 2008). Dado sua periculosidade, a destinação correta dos seus resíduos é embalagens é a logística reversa, conforme previsto na PNRS.

Na Casa de Shows a substituição do uso de tintas derivadas do petróleo por tintas à base de matéria-prima natural de origem vegetal e mineral, que não gera POPs, são biodegradáveis e não exalam odor após aplicação, retira do empreendimento mais um potencial poluidor.

Ainda no que se refere aos riscos de geração de POPs, o policloreto de polivinila (PVC) pode liberar grandes quantidades de dioxina, por isso a necessidade

de evitar, sempre que possível, sua utilização. Quando utilizado, é importante garantir a gestão dos resíduos de PVC, evitando que os mesmos sejam incinerados.

Com as adequações acima, o foco é priorizar o uso de materiais de “classe A” e “B”, evitando a contaminação do meio ambiente. Faz parte do escopo de trabalho e gestão do canteiro da obra a conscientização de colaboradores e prestadores de serviços que participarão da construção do empreendimento, para que não haja desperdícios.

2.2.2 Utilização de Materiais Ecológicos ou Reciclados

A gestão dos materiais de construção utilizados em obra, e o uso de materiais sustentáveis ou reciclados, reduzem as pegadas ecológica e de carbono no setor da construção, uma vez que diminuem o consumo de recursos naturais e consequentemente gera menos impacto ao meio ambiente (PASSUELLO et al., 2014).

A utilização de lâmpadas de LED (*Light Emitting Diode*), torneiras e válvulas com sensores e descarga com fluxo duplo, são alguns dos exemplos de produtos que conferem eficiência no consumo de água e energia, evitando desperdícios. As lâmpadas LED iluminam mais e consomem menos, produzindo a mesma luminosidade que uma lâmpada incandescente, não emite calor e nem raios ultravioletas, diminuindo o uso do ar condicionado e gerando economia de energia. Nesse sentido, é válido lembrar que o uso de lâmpadas incandescentes está proibido no Brasil desde junho de 2016 (Portaria Interministerial nº 1.007, de 31 de dezembro de 2010, Tabelas 1 e 2). Outra vantagem é que ela não leva em sua composição produtos tóxicos que podem ser agressivos ao meio ambiente, como o mercúrio (BLEY, 2012).

No caso da gestão de uso da água, torneiras e válvulas acionadas por sensores para pias e mictórios podem reduzir o consumo em até 80% (PACHECO, 2011). Válvulas de descarga com fluxo duplo, que possuem dois botões de acionamento, um com descarga de três litros e outro com seis litros, são alternativas às válvulas padrões, que chegam a consumir 12 (doze) litros de água.

A geração de ruídos se caracteriza com um dos impactos mais marcantes de uma Casa de Shows, sendo seu controle requisito para regularização do empreendimento e estabelecimento de conforto social. Um dos artifícios que pode ser usado para superar a dissipação de ruídos e impedir a sua propagação é a

inserção de um cinturão de árvores ao redor da Casa, que colabora no isolamento do som.

Outra medida para reduzir a dissipação de ruídos é a utilização de isolantes termo acústico na estrutura do empreendimento. Neste caso, deve-se respeitar as recomendações do Corpo de Bombeiros na utilização de materiais não inflamáveis e que não propaguem chama. Um dos materiais sustentáveis disponíveis no mercado são os compostos por lã de garrafa pet. Trata-se de uma manta confeccionada através da reciclagem de garrafas sem adição de resinas, com baixo consumo de água no processo produtivo, e que apresenta na face inferior uma membrana branca de acabamento com retardante de chamas, que proporciona aos ambientes conforto térmico e conseguem reduzir os ruídos em até 53 decibéis. Segundo o fabricante, a Lã de Pet é ecologicamente correta, reciclada e totalmente reciclável, não oferece riscos à saúde por ser hipoalérgica, não sofre deformação, não cede e não degrada ao longo do tempo.

Durante a fase estrutural da construção do empreendimento, a valorização e preferência por fornecedores certificados pela ISO 14001 garantem que os produtos utilizados foram fabricados de acordo com um sistema de gestão ambiental, pressupondo controle e redução na geração de resíduos do processo produtivo ou destinação adequada dos mesmos. Além de contribuir para sustentabilidade da edificação, esse procedimento contribui para diminuir o esgotamento de recursos ambientais por poluição.

2.2.3 Reuso de Águas Pluviais

É do conhecimento coletivo a importância da água para existência da vida. Esse fato implica na utilização racional desse recurso, de forma a garantir sua preservação e manutenção para futuras gerações. Em contrapartida à crise hídrica e de gestão dos recursos hídricos, há o excesso gerado, sazonalmente, pelo acúmulo de escoamento superficial em centros urbanos quando ocorrem precipitações. Esse fenômeno se dá devido à baixa eficiência dos sistemas de drenagem das cidades, que não conseguem acompanhar o ritmo da ocupação do solo. Essa ocupação acarreta o aumento da impermeabilização, que em consequência, gera a ampliação das vazões de pico e o aumento dos focos de alagamento urbano (NUNES; FIORI, 2008).

As medidas de controle na fonte, como o armazenamento do escoamento superficial no lote do empreendimento, minimizam os efeitos da impermeabilização do terreno. De acordo com Tucci e Genz (1997, p.29) “o armazenamento no lote pode ser utilizado para amortecer o escoamento, em conjunto com outros usos, como o abastecimento de água, irrigação de grama, e lavagem de superfícies ou automóveis. ” Nessas condições, a reutilização e os sistemas de coleta e utilização da água de chuva surgem como alternativas para enfrentar a carência do recurso. Baseado nessas perspectivas, pode ser empregado na Casa de Shows o manejo para reuso de águas pluviais visando suprir as necessidades de água não potável do empreendimento.

Segundo a ABNT NBR 15.527/2007, essas águas podem ser usadas após um tratamento adequado para as seguintes atividades: descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos e limpeza de calçada e ruas. Desde que em sistema de distribuição e de armazenamento diferente do utilizado para uso potável.

A captação da água pluvial é feita através de calhas e tubos para sua captação e condução. A instalação de telas de proteção como um filtro inicial se torna imprescindível para barrar partículas maiores. A água captada deve ser armazenada em reservatório próprio, dimensionado de acordo com a demanda dos meses com menor frequência pluvial.

A precipitação anual média do município de Divinópolis, com base nos últimos 6 anos, é de 1.280 milímetros (INMET). O consumo mensal de água do empreendimento, considerando juntas água potável e não potável, em 12 dias de funcionamento, equivale a cerca de 67.200 litros. De acordo com Figueiredo (2014), aproximadamente 40% da água usada em edifícios podem ser de origem não potável, que no caso da Casa de Shows, equivale a uma média mensal de 26.880 litros. O sistema de captação de água pluvial apresenta eficiência de 100% pelo método de Rippl, conseguindo atender a toda demanda de água não potável (APÊNDICE A – memória de cálculo).

2.2.4 Projeto de Sistema Fotovoltaico

A Casa de Shows, com lotação máxima de 2.000 pessoas, demanda considerável estrutura elétrica para abrigar iluminação adequada e confortável para os clientes. Além disso, a mesma deve possuir um sistema de ar condicionado que

permita conforto térmico ao público. Esses fatores, somado aos processos de refrigeração e estocagem de bebidas e alimentos, confere ao empreendimento um consumo de energia significativo.

Visando minimizar a demanda energética e garantir o fornecimento por fontes de energia com baixo impacto ambiental, é proposto o uso de um sistema de energia fotovoltaica, que consiste na instalação de painéis solares fotovoltaicos, formados por células solares que captam a incidência luminosa solar e a convertem para energia elétrica.

O sistema fotovoltaico é viável, pois tem longa duração e a demanda por manutenção é praticamente desprezível (OLIVEIRA; SILVA, 2004). Além de diversificar a matriz energética do Brasil, que em termos de geração hidrelétrica vêm sofrendo com a crise hídrica dos últimos anos (SOUZA; SILVA, 2015), a energia fotovoltaica, quando comparada com as formas convencionais de produção energética, deixa de lançar gases de efeito estufa na atmosfera, sendo eficaz como medida preventiva para manter serviços ambientais de regulação, especialmente a climática.

Por apresentarem valor de investimento inicial elevado no Brasil, alguns cuidados na escolha dos produtos e materiais que consomem energia podem ser tomados. A utilização de lâmpadas LED, de sensores de movimento e de iluminação, citados anteriormente, ajuda a diminuir o consumo de energia do estabelecimento e conseqüentemente reduz a capacidade do sistema a ser instalado, barateando o custo do mesmo. Além dessas medidas, os demais produtos elétricos devem seguir a linha “A” de consumo energético, estabelecida pelo INMETRO para produtos mais eficientes em seu gasto de energia.

A Tabela 1 apresenta o consumo médio mensal energético estimado da Casa de Shows (APÊNDICE B), bem como a estrutura de sistema fotovoltaico necessária para suprir a demanda da Casa de Shows. Importante salientar que estão dentro do escopo do consumo energético apenas os aparelhos elétricos que garantem o funcionamento da casa como edifício, não incluindo a estrutura de palco que possa demandar maior consumo, visto que esta estrutura deve ser suportada por geradores próprios.

Tabela 1 - Dimensionamento do sistema fotovoltaico.

Consumo médio de energia	10.500 kWh/mês
---------------------------------	----------------

Potência necessária do sistema	72,28 kWp
Número de painéis	278
Área necessária para instalação	275 m ²
Peso médio por m²	18 kg/m ²
Custo médio do sistema	R\$ 430.000,00
Custo médio energético mensal (CEMIG)	R\$ 8.500,00
Período de retorno estimado	4 anos

Fonte: Elaborado pelos autores (2016).

Baseado nos dados (APÊNDICE B), no orçamento fornecido por uma empresa da região e tendo em vista a atual tarifa cobrada pela concessionária CEMIG, os gastos mensais com energia são estimados em R\$ 8.500,00. É possível inferir um período de retorno do investimento da instalação do sistema fotovoltaico em cerca de 4 anos. O investimento pode ser considerado vantajoso, uma vez que este sistema tem capacidade de atuação mínima de 25 anos.

3 DISCUSSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos temas e levantamentos realizados no decorrer do TIM durante a graduação em Engenharia Civil, constatou-se a crise ambiental contemporânea e as consequências dos impactos ambientais do sistema construtivo convencional. Em resposta a isso, e com a discussão de tecnologias e sistemas novos durante o curso, foi desenvolvido o TCC Ambiental, que estabelece um método construtivo inovador e sustentável nas esferas ambiental, social e econômica para a Casa de Shows. Fica, portanto, evidenciado a utilidade e a eficiência do TIM como método acadêmico integralizador, que contribui para que os discentes unam conhecimentos de diferentes áreas para um só resultado.

Os temas e recursos discutidos neste artigo mostram a tendência atual do mercado da construção de se adequar à escassez de recursos naturais e minimizar os impactos gerados. É notável a maior discussão com relação ao consumo de energia e de água em edifícios que buscam conciliar eficiência econômica com benefício ambiental. Outro aspecto relevante é a legislação ambiental, que tem estabelecido mecanismos de regulamentação e controle sobre empreendimentos. No caso da Casa de Show, o aspecto de segurança e combate a incêndios tem sido

mais burocrático e cuidadoso para evitar incidentes que possam colocar vidas em risco.

A Casa de Shows, pensada como um espaço capaz de compartilhar princípios e valores da sustentabilidade e de influenciar seus frequentadores, é vista como uma oportunidade de negócio em sinergia com o perfil de seu público alvo. Apesar deste parâmetro não ter sido mensurado, o público jovem, principalmente da geração Z (pessoas nascidas no final da década de 1990 até o presente), têm se mostrado mais aberto a inovações no mercado e mais consciente dos desafios da sustentabilidade.

A experiência do TIM durante a graduação foi bastante válida, enriqueceu conhecimentos e desmitificou que construções sustentáveis são mais caras e complexas de serem desenvolvidas. Apesar de exigir certo investimento, se espera que o retorno financeiro compense a utilização das tecnologias adotadas. Além disso, muitos cuidados para tornar empreendimentos mais eficientes podem ser tomados com pouco ou nenhum investimento acima do padrão.

A experiência com o desenvolvimento deste trabalho reforça a necessidade de se discutir e pensar criticamente sobre os métodos convencionais de construção. Trabalhos integrados e multidisciplinares, como o TIM, se apresentam como estratégia didática capaz de despertar o senso crítico dos alunos e, principalmente, estabelecer relações entre as diversas disciplinas cursadas durante a graduação.

REGULARIZATION AND SUSTAINABLE CONSTRUCTION TECHNOLOGIES APPLIED TO A NIGHTCLUB

ABSTRACT

This article includes the conception of a Nightclub at Divinópolis – Minas Gerais, aiming to integrate the theoretical and practical knowledges developed during the Civil Engineering degree by an Integrated Multidisciplinary Assessment (IMA). Considering the currently need to solve the problems created by the exploitation of natural resources and the environmental impacts of construction, this paper

promotes the use of Sustainable Construction technologies and systems, based on the Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) certification process. Furthermore, it also discusses the legal requirements for the operation of the enterprise in the city. In this context, it is presented a concept that associates the development of constructions to cost/benefit and environmental welfare.

Keywords: Construction; Multidisciplinarity; Environmental Regularization; Sustainable Constructions; LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) Certification; Environment.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9050:** Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9077:** Saídas de emergência em edifícios. Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10899:** Energia solar fotovoltaica - Terminologia. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11704:** Sistemas Fotovoltaicos. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527:** Água da chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Rio de Janeiro, 2007.

BLEY, F. B. LEDs versus Lâmpadas Convencionais Viabilizando a troca. **Revista Online Especialize – Ipog**, maio 2012.

BRASIL. Lei nº 12305, de 02 de agosto 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos sólidos. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 13 ago. 2010, Seção 1, página 3.

CEMIG. Companhia Energética de Minas Gerais. Disponível em: <http://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Paginas/valores_de_tarifa_e_servicos.aspx>. Acesso em: 30 abr. 2016.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para gestão de resíduos da construção civil. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 17 jul. 2002, Nº 136, pag. 95 e 96.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Altera os artigos 2º, 4º, 6º, 8º, 9º, 10º e 11º da Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 19 jan. 2012, nº 14, pag. 76.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Altera os artigos 3º da Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 25 mai. 2011, nº 99, pag.123.

CRESESB. **Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito**. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/>>. Acesso em: 20 abr. 2016.

CREDER, Hélio. **Instalações Hidráulicas e Sanitárias**. 6 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

DOMO SOLAR. **Energia Solar Fotovoltaico: Vantagens e desvantagens**. Disponível em: <<http://www.domosolar.net/domotica/energia-solar-fotovoltaico-vantagens-e-desvantagens/>>. Acesso em: 20 abr. 2016.

FARIAS, A. S. et al. **Poluentes orgânicos persistentes: seus danos à saúde humana e ao meio ambiente**. Disponível em: <<http://www.annq.org/congresso2008/resumos/Resumos/>>. Acesso em: 5 de mai. 2016.

FIGUEIREDO, Luiz H. S. **Aproveitamento de Água de Chuva para Fins Não Potáveis Análise em Residência Unifamiliar em Macaúbas-BA**. Disponível em: <http://www.ucsal.br/articles/0003/1607/Luiz_Henrique_Santana_Figueiredo.pdf>. Acesso em: 21 de mar. 2016.

FLEX SOLAR. Energia Fotovoltaica. Disponível em: <<http://www.flexsolar.com.br/>>. Acesso em: 30 de abr. 2016.

GARCIA, S. et al. **Análise de sistemas construtivos para implementação em habitação de interesse social**. In: Mostra de Iniciação Científica e Extensão Comunitária, 2013, Porto Alegre. Disponível em: <<https://www.imed.edu.br/>>. Acesso em: 24 de mai. 2016.

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ, Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Manual de Drenagem Urbana**. Curitiba, PR, dez. 2002.

IKERT, Fernanda. **A Discussão da Certificação LEED na Relação Edifício-Cidade**: explorando casos brasileiros. 2010. 177 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) -Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=tempo/graficos>>. Acesso em 14 abr. 2016.

MINAS GERAIS, Divinópolis. Lei nº 2418, de 18 de novembro de 1988. Dispõe sobre o uso e ocupação do solo no município de Divinópolis e dá outras providências. Câmara Municipal de Divinópolis, Divinópolis, 1988.

MINAS GERAIS, Divinópolis. Lei nº 5380, de 06 de junho 2002. Dispõe sobre a proteção contra a poluição sonora no município de Divinópolis. Câmara Municipal de Divinópolis, Divinópolis, 2002.

MINAS GERAIS. Lei nº 14.130, de 19 de dezembro de 2001. Dispõe sobre a prevenção contra incêndio e pânico no Estado e dá outras providências. Governo do Estado, 2001.

MINAS GERAIS. Decreto nº 44.746, de 19 de dezembro de 2001. Dispõe sobre a prevenção contra incêndio e pânico no Estado e dá outras providências. Governo do Estado, 2001.

MINAS GERAIS. Decreto nº 46.595, de 10 de setembro de 2014. Dispõe sobre a prevenção contra incêndio e pânico no Estado e dá outras providências. Governo do Estado, 2014.

MME. Ministério de Minas e Energia, 2010. Portaria Interministerial no- 1.007, de 31 de Dezembro de 2010 - Regulamentação Específica que Define os Níveis Mínimos de Eficiência Energética de Lâmpadas Incandescentes. **Diário Oficial da União nº4**, 6 janeiro 2011, ISSN 1677-7042.

NASCIMENTO, E. A. do. **Impactos Ambientais Gerados na Construção de Edifícios**: Contraste entre a Norma e a Prática. 2014. Disponível em: <<https://prezi.com/yhaw0bwjtqzv/impactos-ambientais-gerados-na-construcao-de-edificios/>>. Acesso em: 16 abr. 2016.

NUNES, F. G.; FIORI, A. P. Análise da impermeabilização dos solos e aumento dos picos de vazão de cheias em bacias hidrográficas urbanas. **Boletim Paranaense de Geociências**, n. 62-63, p. 47-60, 2008.

OLIVEIRA, J. R.; SILVA, A. J. Energia solar fotovoltaica: análise comparativa de custo de fornecimento de energia elétrica à comunidade isolada no Pará. **GEPEA/EPUSP**, São Paulo, SP, 2004, disponível em: <<http://seeds.usp.br>>. Acesso em: 28 de abr. 2016.

PACHECO, Roberta. **Água**: Consumo sustentável em edificações multifamiliares no Rio de Janeiro. Disponível em: <www.puc-rio.br/Pibic/relatorio.../Resumos/.../DAD-Roberta%20Avila%20Pacheco.pdf>. Acesso em: 14 de abr. 2016.

PASSUELLO, A. C. B. et. al. Aplicação do Ciclo de Vida na análise de impactos ambientais de materiais de construção inovadores: um estudo de caso da pegada de carbono de clínqueres alternativos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n.4, p. 7-20, out. /dez. 2014.

SOUZA, D. A.; SILVA, G. E. Estudo da viabilidade de implementação de um sistema de energia solar fotovoltaica na instituição de ensino Doctum de Caratinga. In: **Congresso técnico científico da engenharia e da agronomia**, 1., 2015, Fortaleza, CE. Disponível em: <<http://www.confeca.org.br/>>. Acesso em: 28 de abr. 2016.

SOLAR. **Painel Solar**: Como funciona um painel solar. Disponível em: <<http://www.portalsolar.com.br/como-funciona-o-painel-solar-fotovoltaico.html>>. Acesso em: 20 abr. 2016.

STEFANUTO, A. P. O.; HENKES, J. A. Critérios para Obtenção da Certificação Leed: um estudo de caso no supermercado pão de açúcar em Indaiatuba/SP. **Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, SC, v. 1, n. 2, p. 282 - 332, out. 2012/mar.2013.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis: Método de Rippl.** São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://pliniotomaz.com.br/livros-digitais/>>. Acesso em 20 de abr. 2016.

TRIANA, M. A. et al. **Certificação LEED como norteador do processo de projeto para um edifício comercial em Florianópolis.** 2005. 188 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) -Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

TRISOFT. **Isolamento térmico e acústico.** Disponível em: <<http://www.trisoft.com.br/isolamento-termico-acustico/construcao-civil/isosoft-wall/>>. Acesso em: 20 de abr. 2016.

TUCCI, C. E. M.; GENZ, F. Controle do Impacto da Urbanização. **Água Doce**, 1997, Cap. 14, Rio Grande do Sul. ABRH, 1995.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Memória de Cálculo para Aplicação de Reaproveitamento de Águas Pluviais.

Tabela 1: Média de precipitação em Divinópolis – MG.

MÊS	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Média
JAN	153	271	401	362	166	87	240
FEV	81	116	38	84	66	236	103.5
MAR	236	367	149	143	41	334	211.667
ABR	11	144	66	87	89	30	71.1667
MAI	39	8	18	86	33	57	40.1667
JUN	0	22	107	22	10	33	32.3333
JUL	1	0	1	12	53	12	13.1667
AGO	0	1	0	0	0	2	0.5
SET	65	1	12	48	12	100	39.6667
OUT	157	171	15	182	83	67	112.5

NOV	305	140	163	128	174	135	174.167
DEZ	212	451	137	216	199	242	242.833
Média Anual							1281.67

Fonte: INMET – Instituto Nacional de Meteorologia.

Levantamento de dados para projeto:

- População de acordo com ABNT NBR 9007:2001 = 2.000 hab;
- Consumo unitário = 2,0L (Creder, 2006) + 40% para lavagem = 2,8L/pessoa;
- Consumo de água diário (População x Consumo unitário): 5.600L/dia;
- Consumo mensal considerando 12 dias de funcionamento (Consumo diário x 12 dias): 67.200L/mês;
- Consumo de água não potável, 40% do Consumo mensal (Figueiredo, 2014) = 26.880L/mês;
- Área de captação pluvial: 1.315m²;
- Reservatório de 40.000L proposto para suprir demanda.

Tabela 2: Dimensionamento do Reservatório pelo método de Rippl. (Tomaz, 2011).

Verificação de Reservatório								
Meses	Chuva Média Mensal (mm)	Demanda Const. Mensal (m ³)	Área de Captação (m ²)	Vol. Chuva Mensal x Coeficiente (0.8) m ³	Diferença Vol. Chuva x Demanda (m ³)	Vol. Inicial (m ³)	Vol. Excedente (m ³)	Vol. Final (m ³)
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9
JAN	240	26.88	1315	252.48	-225.6	0	225.6	40
FEV	103.5	26.88	1315	108.88	-82.00	40	122.00	40
MAR	211.66	26.88	1315	222.67	-195.79	40	235.79	40
ABR	71.16	26.88	1315	74.86	-47.98	40	87.98	40
MAI	40.16	26.88	1315	42.25	-15.37	40	55.37	40
JUN	32.33	26.88	1315	34.01	-7.13	40	47.13	40
JUL	13.16	26.88	1315	13.85	13.02	40	26.97	26.97
AGO	0.5	26.88	1315	0.526	26.35	26.97	0.61	0
SET	39.66	26.88	1315	41.72	-14.84	0	14.84	14.84
OUT	112.5	26.88	1315	118.35	-91.47	14.84	106.31	40
NOV	174.16	26.88	1315	183.22	-156.34	40	196.34	40
DEZ	242.83	26.88	1315	255.46	-228.58	40	268.58	40

1281.6	322.56	1348.31	361.82
--------	--------	---------	--------

Fonte: Adaptado de Figueiredo (2014).

Explicação das colunas Tabela 2:

- Coluna 1: Período de tempo entre Janeiro e Dezembro.
- Coluna 2: Médias mensais de precipitação.
- Coluna 3: Demandas mensais de água não potável.
- Coluna 4: Área de captação de água pluvial.
- Coluna 5: Volumes mensais de água pluvial disponíveis. Valor obtido pela multiplicação da Coluna 4 com a Coluna 2 e o Coeficiente de Runoff de 0,8 (Oliveira, 2008), dividido por 1000 para que volume seja em m³.
- Coluna 6: Valor da demanda mensal subtraído do volume de água pluvial disponível. Em caso de resultado negativo indica que o volume de água captado é maior que o utilizado e em caso positivo que não foi suficiente para atender a demanda mensal.
- Coluna 7: Volume estipulado ao reservatório de 40m³.
- Coluna 8: Volume de água excedente somando-se o volume inicial do reservatório (Coluna 7) com o volume de chuva captado (Coluna 5) subtraído da demanda mensal de consumo (Coluna 3).
- Coluna 9: Volume de água de chuva disponível no reservatório ao fim do período considerado, quando valor da Coluna 7 for maior que 40m³ o volume final é igual 40m³, pois consegue suprir a demanda.

Volume do reservatório pelo método de Rippl soma-se as diferenças positivas da Coluna 6, neste caso, um total de 39,38m³, resultando um valor de 40m³ para o mercado.

APÊNDICE B – MEMÓRIA DE CÁLCULO PARA APLICAÇÃO DE PLACAS FOTOVOLTAICAS

Tabela 1: Consumo Energético da Casa de Shows.

Aparelho	Qtd.	Potência (W)	kW	T (min/dia)	Dias (Mês)	Horas utilizadas	Total kWh (Mês)
Antena Sky/Net	1	150	0,15	1440	16	384	57,6

Aparelho de Fax	1	110	0,11	1440	30	720	79,2
Ar-Condicionado 60.000BTUSplit	2	6200	6,2	720	16	192	2380,8
Aspirador de pó	1	1100	1,1	180	20	60	66
Batedeira Comercial	1	600	0,6	120	16	32	19,2
Bebedor	1	100	0,1	480	24	192	19,2
Cafeteira Residencial 20 cafés	1	1000	1	480	24	192	192
Caixa de Som Amplificada	6	350	0,35	720	16	192	403,2
Camara Filmadora de Segurança	16	10	0,01	1440	30	720	115,2
Cerca Eletrônica/Elétrica	1	1500	1,5	1440	30	720	1080
Chuveiro Tradicional	3	6400	6,4	60	30	30	576
Cortina de Ar	4	500	0,5	720	16	192	384
Espremedor de Frutas	2	30	0,03	300	16	80	4,8
Exaustor sobre o Fogão	1	170	0,17	360	16	96	16,32
Forno Elétrico Comercial	1	2000	2	240	16	64	128
Freezer acima de 200 litros	15	150	0,15	1440	16	384	864
Impressora Jato de Tinta	1	150	0,15	60	12	12	1,8
Lâmp. Halogena 100 W	10	100	0,1	600	16	160	160
Lava-jato	1	1000	1	120	20	40	40
Liquidificador	2	350	0,35	120	16	32	22,4
Máquina de cortar grama	1	746	0,746	60	16	16	11,936
Maquina de Gelo	1	500	0,5	480	16	128	64
Mesa de Som Gr.	1	8000	8	480	16	128	1024
Microcomputador	6	300	0,3	480	24	192	345,6
Microondas c/dourador	1	1400	1,4	60	16	16	22,4
Modem	2	30	0,03	1440	24	576	34,56
Multiprocessador Grande	1	1000	1	60	16	16	16
No break 20000W	1	900	0,9	720	16	192	172,8
Refrigerador Comercial	3	600	0,6	1440	30	720	1296
Roteador Wireless	3	40	0,04	1440	30	720	86,4
Sistema de Alarme	1	350	0,35	1440	30	720	252

Super Ducha	1	6400	6,4	60	16	16	102,4
Telefone sem fio	3	20	0,02	1440	30	720	43,2
TV L E D - 55"	6	210	0,21	720	16	192	241,92
Lâmpadas LED	150	10	0,01	470	30	235	352,5
Consumo Mínimo Mensal Trifásico - CEMIG						-100	-100
Total Utilizado Mensal						10575,436	

Fonte: Adaptado de CEMIG.

Tabela 2: Dados Gerais para Dimensionamento das Placas Fotovoltaicas

Dados		
E	10500,00	Wh
Gstc	1	W/m ²
Htot	5,72	Wh/m ²
TD	0,85	%
Dias/mês	30	
Pfv	71,99	kWp
Pmf	0,26	Wp
N	278	Módulos

Fonte: Elaborado pelos autores (2016).

Quadro 1: Potência Necessária para Casa de Shows

Potência Necessária	
Pfv=	$E \cdot Gstc / Htot \cdot TD$
Pfv=	71,98 kWp

Fonte: Elaborado pelos autores (2016).

Quadro 2: Cálculo do Número de Placas Fotovoltaicas Necessárias

Número de Placas	
N1=	$Pfv / 0,26$
N1=	276,87 módulos
N2=	278 módulos

Fonte: Elaborado pelos autores (2016).

Quadro 3: Potência Final Adotada

Potência Adotada	
PT=	$N2 \cdot Pmf$
PT=	72,28 kWp

Fonte: Elaborado pelos autores (2016).

- **E:** Consumo médio mensal considerado, descontado da taxa mínima de uso da concessionária CEMIG de 100 kW/mês.
- **Gstc:** Taxa base do fabricante da placa fotovoltaica.
- **Htot:** Taxa de incidência de irradiação solar na região de Divinópolis.
- **TD:** Eficiência da placa fotovoltaica, fornecida pelo fabricante.
- **Pfv:** Potência de demanda da Casa de Shows.
- **PT:** Potência total final de projeto.
- **Pmf:** Potência da placa fotovoltaica, fornecida pelo fabricante.
- **N1:** Número de placas fotovoltaicas necessárias.
- **N2:** Número de placas fotovoltaicas consideradas.