

# Impactos das Tecnologias nas Engenharias 6

**Franciele Bonatto  
João Dallamuta  
Julio Cesar de Souza Francisco  
(Organizadores)**

**Franciele Bonatto  
João Dallamuta  
Julio Cesar de Souza Francisco**  
(Organizadores)

# **Impactos das Tecnologias nas Engenharias**

## **6**

**Atena Editora**  
**2019**

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação e Edição de Arte:** Lorena Prestes e Geraldo Alves

**Revisão:** Os autores

### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

I34 Impactos das tecnologias nas engenharias 6 [recurso eletrônico] / Organizadores Franciele Bonatto, João Dallamuta, Julio Cesar de Souza Francisco. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Impactos das Tecnologias nas Engenharias; v. 6)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia.

ISBN 978-85-7247-159-6

DOI 10.22533/at.ed.596191303

1. Engenharia. 2. Inovações tecnológicas. 3. Tecnologia.  
I. Bonatto, Franciele. II. Dallamuta, João. III. Francisco, Julio Cesar de Souza.

CDD 658.5

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

Caro leitor(a)

Nesta obra temos um compendio de pesquisas realizadas por alunos e professores atuantes em engenharia e tecnologia com contribuições para a melhoria da sustentabilidade. São apresentados trabalhos teóricos e vários resultados práticos de diferentes formas de aplicação e processos que visam a melhoria de dados causados ao ambiente.

Outra característica dos capítulos que compõe este livro é o fato de estarem relacionadas com atividades de pesquisa de diferentes naturezas em várias áreas da engenharia e tecnológica, uma visão multidisciplinar com contribuições relevantes por meio de resultados e discussões, muitas de cunho prático e com grande aplicabilidade.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais

Aos autores, agradecemos pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura

Franciele Bonatto  
João Dallamuta  
Julio Cesar de Souza Francisco

# Gestão, Tecnologia e Engenharia: Sustentabilidade

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
<b>TECNOLOGIA SUSTENTÁVEL: MONTAGEM E MANUTENÇÃO DE COMPUTADORES A PARTIR DO REUSO DO LIXO ELETRÔNICO</b>	
<i>Jocimar Fernandes</i> <i>André Rubim Mattos</i> <i>Ana Lucia Louzada Fernandes</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5961913031</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>8</b>
<b>SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL: O SISTEMA LEED E A CERTIFICAÇÃO DA ARENA CASTELÃO</b>	
<i>Antonio Auriseu Nogueira Pinheiro</i> <i>Antonio Leandro Cordeiro de Medeiros</i> <i>Letícia Oliveira Cunha</i> <i>Mérsia Nogueira Maia</i> <i>Moisés Rocha Farias</i> <i>Narcélio Mesquita Aires Filho</i> <i>Thaís Mota Marques</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5961913032</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>20</b>
<b>EVOLUÇÃO DAS ESPECIFICAÇÕES DA GASOLINA AUTOMOTIVA NO BRASIL A PARTIR DE 2001</b>	
<i>Vanjoaldo R. Lopes Neto</i> <i>Leonardo S. G. Teixeira</i> <i>Tailee M. A. Cruz</i> <i>Ioneide P. Martins</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5961913033</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>41</b>
<b>TAXA DE EVAPORAÇÃO DA GASOLINA GRID EM TANQUES DE POSTOS DE COMBUSTÍVEIS: UMA AVALIAÇÃO EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA</b>	
<i>Thiago da Silva André</i> <i>Francisco de Assis Oliveira Fontes</i> <i>Cleiton Rubens Formiga Barbosa</i> <i>Cleiton Rubens Formiga Barbosa Júnior</i> <i>Isaac Pércles Maia de Medeiros</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5961913034</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>51</b>
<b>TAXA DE EVAPORAÇÃO DO DIESEL S10 EM TANQUES DE POSTOS DE COMBUSTÍVEIS: UMA AVALIAÇÃO EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA</b>	
<i>Thiago da Silva André</i> <i>Francisco de Assis Oliveira Fontes</i> <i>Cleiton Rubens Formiga Barbosa</i> <i>Cleiton Rubens Formiga Barbosa Júnior</i> <i>Isaac Pércles Maia de Medeiros</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5961913035</b>	

**CAPÍTULO 6 ..... 61**

**ANÁLISE DA CONTAMINAÇÃO DE SOLO POR POSTOS DE COMBUSTÍVEIS**

*João Evangelista Neto*  
*Edry Antonio Garcia Cisneros*  
*José Costa de Macêdo Neto*  
*Eduardo Rafael Barreda del Campo*  
*Weberson Santos Ferreira*  
*Ricardo Wilson Aguiar da Cruz*

**DOI 10.22533/at.ed.5961913036**

**CAPÍTULO 7 ..... 72**

**ANÁLISE DE PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DA GASOLINA E ÓLEO DIESEL COMERCIALIZADOS EM AREIA BRANCA/RN, CONFORME ESPECIFICAÇÕES DA ANP**

*Regina Celia de Oliveira Brasil Delgado*  
*João Luiz Porfirio da Silva*  
*Ana Catarina Fernandes Coriolano*  
*Jardel Dantas da Cunha*  
*Antonio Souza de Araujo*

**DOI 10.22533/at.ed.5961913037**

**CAPÍTULO 8 ..... 81**

**PRODUÇÃO DE BIODIESEL EM ULTRASSOM A PARTIR DE GORDURA ANIMAL PROVENIENTE DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS**

*Matheus Cavali*  
*Valéria Pelizzer Casara*  
*Guilherme Martinez Mibielli*  
*João Paulo Bender*  
*Wagner Luiz Priamo*

**DOI 10.22533/at.ed.5961913038**

**CAPÍTULO 9 ..... 92**

**CARACTERIZAÇÃO DO ÓLEO DE COCO A SER UTILIZADO NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL VIA ROTA ETÍLICA**

*Silvanito Alves Barbosa*  
*João Vicente Santiago do Nascimento*  
*Fernanda de Souza Stingelin*  
*Glauber Vinícius Pinto de Barros*  
*Lucas Alves Batista Santos*  
*Iasmin Souza Cruz*

**DOI 10.22533/at.ed.5961913039**

**CAPÍTULO 10 ..... 101**

**TRATAMENTO DE ÁGUA DE PRODUÇÃO OFFSHORE**

*Wellington Crispim Cardoso*  
*Guillermo Ruperto Martín-Cortés*

**DOI 10.22533/at.ed.59619130310**

**CAPÍTULO 11 ..... 112**

**GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DA PERFURAÇÃO OFFSHORE**

*Bianca de Couto Dantas Romualdo*  
*Lúcia Maria de Araújo Lima Gaudêncio*

**DOI 10.22533/at.ed.59619130311**

**CAPÍTULO 12 ..... 128**

**SIMULAÇÃO DE UM VAZAMENTO DE ÓLEO DURANTE UMA OPERAÇÃO OFFLOADING**

*Lígia Maria dos Santos Barros Rodrigues*  
*Anaximandro Anderson Pereira Melo de Souza*  
*Paulo Emanuel Medeiros Paula*  
*Davith da Silva Campos*  
*Luís Jorge Mesquita de Jesus*

**DOI 10.22533/at.ed.59619130312**

**CAPÍTULO 13 ..... 134**

**DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA DE PREPARO DE AMOSTRA DE PETRÓLEO PARA DETERMINAÇÃO DE ENXOFRE POR ICP-OES**

*Izabel Kaline da Silva Oliveira*  
*Álvaro Gustavo P. Galvão*  
*Larissa Sobral Hilário*  
*Tatiane de A. Maranhão*  
*Djalma Ribeiro da Silva*

**DOI 10.22533/at.ed.59619130313**

**CAPÍTULO 14 ..... 140**

**POTENCIAL USO DA AGUA PRODUZIDA REAL E SINTÉTICA COMO DISPERSANTE EM FLUIDOS DE PERFURAÇÃO AQUOSOS: INFLUÊNCIA NOS PARÂMETROS REOLÓGICOS, DE FILTRAÇÃO E CORROSIVIDADE**

*Jardel Dantas da Cunha*  
*Keila Regina Santana Fagundes*  
*Ana Karoline de Sousa Oliveira*  
*Gecilio Pereira da Silva*  
*Rodrigo Cesar Santiago*  
*Juddson Diniz Medeiros*

**DOI 10.22533/at.ed.59619130314**

**CAPÍTULO 15 ..... 151**

**UTILIZAÇÃO DE BIOSSORVENTES PARA REMOÇÃO DE BENZENO EM SOLUÇÕES AQUOSAS**

*Yasmin Maria da Silva Menezes*  
*Evelyne Nunes de Oliveira Galvão*  
*Aécia Seleide Dantas dos Anjos*  
*Raoni Batista dos Anjos*  
*Djalma Ribeiro da Silva*

**DOI 10.22533/at.ed.59619130315**

**CAPÍTULO 16 ..... 163**

**REMOÇÃO DE FENOL EM ÁGUAS RESIDUÁRIAS ATRAVÉS DE BIOFILME SUPORTADO EM CARVÃO ATIVADO ESTUDO EM BATELADA**

*Josiane Bampi*  
*Heraldo Baialardi Ribeiro*  
*Tainá Cristini Da Silva*  
*Adriana Dervanoski*  
*Gean Delise Leal Pasquali Vargas*

**DOI 10.22533/at.ed.59619130316**

<b>CAPÍTULO 17 .....</b>	<b>172</b>
<b>AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE ADSORÇÃO DE VERMICULITA ATIVADA POR LIXIVIAÇÃO ÁCIDA PARA REMOÇÃO DE BTX EM ÁGUA</b>	
<i>Débora Karina da Silva Guimarães</i>	
<i>Nayonara Karolynne Costa de Araújo</i>	
<i>Amanda Duarte Gondim</i>	
<i>Djalma Ribeiro da Silva</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.59619130317</b>	
<b>CAPÍTULO 18 .....</b>	<b>181</b>
<b>ESTUDO DA EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE BTX PRESENTE EM ÁGUA CONTAMINADA COM GASOLINA UTILIZANDO FE/AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub> COMO ADSORVENTES</b>	
<i>Nayonara Karolynne Costa de Araújo</i>	
<i>Débora Karina da Silva Guimarães</i>	
<i>Amanda Duarte Gondim</i>	
<i>Djalma Ribeiro da Silva</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.59619130318</b>	
<b>CAPÍTULO 19 .....</b>	<b>189</b>
<b>ESTUDO DA REMOÇÃO DE SURFACTANTES DA ÁGUA PRODUZIDA POR MEIO DE CARVÃO ATIVADO OBTIDO A PARTIR DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS</b>	
<i>Letícia Gracyelle Alexandre Costa</i>	
<i>Álvaro Gustavo Paulo Galvão</i>	
<i>Ana Gabriela Soares da Silva</i>	
<i>Henrique Borges de Moraes Juviano</i>	
<i>Djalma Ribeiro da Silva</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.59619130319</b>	
<b>CAPÍTULO 20 .....</b>	<b>198</b>
<b>ESTUDO DA CONVERSÃO DE ENERGIA USANDO DISPOSITIVOS BASEADOS EM MATERIAIS PIEZO-ELÉTRICO APOIADOS EM PLATAFORMAS APORTICADAS</b>	
<i>Aline de Oliveira Schonarth</i>	
<i>Jorge Luis Palacios Felix</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.59619130320</b>	
<b>SOBRE OS ORGANIADORES.....</b>	<b>203</b>



## SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL: O SISTEMA LEED E A CERTIFICAÇÃO DA ARENA CASTELÃO

### **Antonio Auriseu Nogueira Pinheiro**

Centro Universitário Católica de Quixadá –  
Unicatólica  
Quixadá – Ceará

### **Antonio Leandro Cordeiro de Medeiros**

Centro Universitário Católica de Quixadá –  
Unicatólica  
Quixadá – Ceará

### **Letícia Oliveira Cunha**

Centro Universitário Católica de Quixadá –  
Unicatólica  
Quixadá – Ceará

### **Mérsia Nogueira Maia**

Centro Universitário Católica de Quixadá –  
Unicatólica  
Quixadá – Ceará

### **Moisés Rocha Farias**

Centro Universitário Católica de Quixadá –  
Unicatólica  
Quixadá – Ceará

### **Narcélio Mesquita Aires Filho**

Centro Universitário Católica de Quixadá –  
Unicatólica  
Quixadá – Ceará

### **Thaís Mota Marques**

Centro Universitário Católica de Quixadá –  
Unicatólica  
Quixadá – Ceará

atual estágio de desenvolvimento das práticas construtivas caracteriza-se pela exploração excessiva e constante dos recursos naturais e pela geração maciça de resíduos. Diante deste contexto, nas últimas décadas, surgiu o conceito de Green Building ou Edifício Verde, que é uma edificação que teve, em sua concepção, construção e operação, o uso de procedimentos reconhecidos de sustentabilidade ambiental, proporcionando também benefícios econômicos na saúde e bem-estar das pessoas. Como artifício de mensuração e também com o objetivo de valorizar e incentivar essas práticas construtivas ambientalmente corretas, surgiram as certificações ambientais. Atualmente, a mais difundidas internacionalmente é o LEED (Leadership in Energy and Environmental Design). Por meio de uma pesquisa bibliográfica, o presente trabalho busca inicialmente compreender o processo de certificação LEED, abordando alguns aspectos mais abrangentes que o caracterizam. Com o intuito de obter uma maior compreensão do assunto, foi realizado um estudo de caso, em que foi analisado o processo de certificação LEED de um empreendimento. Como objeto de pesquisa, foi escolhido a Arena Castelão, estádio de futebol localizado em Fortaleza, capital do Ceará. A partir da realização desse trabalho, foi possível compreender na prática as funcionalidades da certificação LEED, bem como suas vantagens

**RESUMO:** No âmbito da construção civil, o

ambientais, econômicas e sociais.

**PALAVRAS-CHAVE:** LEED. Sustentabilidade. Certificação ambiental. Arena Castelão.

**ABSTRACT:** In the construction industry, the current development stage constructive of practices is characterized by a constant over-exploitation of the natural resources and by solid waste generation. At that, in the last decades arised the of Green Building concept, that is an edification which has on its conception, construction and operation procedures for environmental sustainability, provides economic benefits, health and well-being of people. As a measurement artifact and a goal as well to valorize and encourage environmentally sound construction practices, the environmental certifications came up, the most internationally disclosed is LEED (Leadership in Energy and Environmental Design). Through a bibliographic research, this article aimed to understand the LEED certification process, approaching some comprehensive aspects and its feature. A case of study has been done and analyzed the LEED certification of an enterprise, as object of research was chosen Castelão Stadium, located in Fortaleza, capital of Ceará. After that, it was possible to understand in practice the functionalities of LEED certification, also its environmental, economic and social advantages.

**KEYWORDS:** LEED. Sustainability. Environmental certification. Castelão Stadium.

## 1 | INTRODUÇÃO

O uso demasiado dos recursos naturais e conseqüentemente a geração de impactos ambientais não são problemas recentes na história da humanidade. Essa degradação ocorreu significativamente com o advento da revolução industrial no século XVIII. Surgiu a máquina a vapor e o uso de combustíveis fósseis como o carvão mineral, que proporcionou um alarmante crescimento da emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera.

Mesmo já havendo relatos da existência de problemas ambientais nos séculos XVIII e XIX, foi somente na década de 1970 que a questão ganhou maior notoriedade. A conferência de Estocolmo, realizada em 1972, na Suécia, marcou o início de um longo debate que se prolonga até os dias atuais.

No âmbito da construção civil, a questão ambiental passou a ser um assunto debatido e estudado, a fim de alcançar soluções para reduzir os impactos. John e Agopyan (2011) apontam a construção civil como um dos setores que mais impacta o meio ambiente na atualidade, principalmente devido ao uso de recursos naturais e a geração de resíduos. Neste contexto, surge o termo *Green Building* ou Edifício Verde.

Construção Sustentável (*Green Building*) é a edificação ou espaço construído que teve na sua concepção, construção e operação o uso de conceitos e procedimentos reconhecidos de sustentabilidade ambiental, proporcionando benefícios econômicos, na saúde e bem estar das pessoas. (FUJIHARA, 2012 p. 9)

Visando a redução dos impactos negativos causado pelas obras, e buscando

também a valorização e incentivo de práticas construtivas ambientalmente corretas, na década de 80 e mais significativamente na década de 90, surgem os instrumentos de avaliação ambiental. A primeira tentativa de maior sucesso ocorreu no Reino Unido, com a criação do BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method). Atualmente a certificação mais difundida internacionalmente é o sistema LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) criado pela USGBC nos Estados Unidos, no ano de 1998. A USGBC (United States Green Building Council) é uma organização não governamental criada no ano de 1993 em Washington, nos Estados Unidos, com o objetivo de divulgar o conceito de edificação sustentável.

Nesse trabalho, pretende-se realizar um estudo do processo de certificação LEED. Inicialmente, com a realização de um levantamento de dados bibliográficos sobre o assunto, busca-se uma compreensão do sistema através da abordagem de aspectos mais abrangentes que o caracterizam. Posteriormente, com a realização de um estudo de caso, pretende-se analisar o processo de certificação LEED de um empreendimento (Arena Castelão), objetivando-se também uma comparação com os meios construtivos convencionais, a fim de apresentar suas principais vantagens.

## 2 | CERTIFICAÇÃO LEED

LEED (Liderança em Energia e Design Ambiental) é um sistema internacional de certificação e orientação ambiental para edificações, utilizado em 153 países. É baseado num programa de adesão voluntária e possui o intuito de incentivar a transformação dos projetos, obra e operação das edificações, focando na sustentabilidade de suas atuações. Keeler e Burke (2010, p. 264) apontam o objetivo principal da certificação: “O LEED foi criado com o objetivo de produzir um sistema de certificação nacional consensual voltado para o mercado, dedicado especialmente a edificações de alto desempenho.”

No Brasil, a certificação é coordenada pela GBCB (*Green Building Council Brasil*), que é uma organização não governamental sem fins lucrativos criada em 2007 e vinculada ao USGBC.

É crescente o número de edificações registradas e certificadas no Brasil, no ano de 2014 o país conquistou o terceiro lugar no Ranking mundial de empreendimentos que buscam a certificação, ficando atrás somente dos Estados Unidos e China. No Brasil são 176 edificações certificadas, além de 870 empreendimentos registrados. Comparando os primeiros semestres de 2013 e 2014, foram 27 empreendimentos certificados no primeiro ano e 42 no segundo, o crescimento comparativo é de 55,55%. O gráfico 1 apresenta o crescimento do número de empreendimentos certificados e registrados desde o ano de 2004. (GBC BRASIL, 2014)

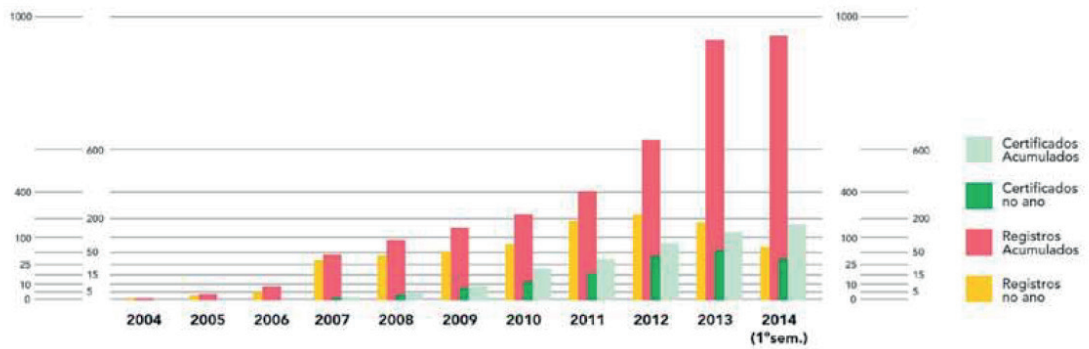


Gráfico 1 - Evolução dos empreendimentos certificados e registrados no Brasil

Fonte: GBC Brasil, 2014

## 2.1 Benefícios

Quando executadas da maneira correta, as fases de planejamento, implantação, ocupação, manutenção e demolição de uma obra, podem reduzir significativamente os impactos provocados ao meio ambiente. Leite (2011, p.8) aponta alguns dos benefícios alcançados com as construções sustentáveis:

Construir sustentavelmente significa reduzir o impacto ambiental, diminuir o retrabalho e desperdício, garantir a qualidade do produto com conforto para o usuário final, favorecer a redução do consumo de energia e água, contratação de mão de obra e uso de materiais produzidos formalmente, reduzir, reciclar e reutilizar os materiais.

Os benefícios de se ter um *Green Building* certificado não se resumem apenas em vantagens no âmbito ambiental. O custo de se construir de forma sustentável pode gerar também desvantagens para os usuários em curto prazo, por elevar o custo da obra. Porém, a grande maioria dos benefícios podem ser percebidos em longo prazo. A redução do consumo de água e energia são apenas alguns exemplos de medidas que com um tempo custearão as despesas iniciais. A GBCB classificou os benefícios das construções com certificação LEED em três categorias: econômicas, sociais e ambientais.

## Benefícios Econômicos

- Redução dos custos operacionais
- Redução dos riscos regulatórios
- Valorização do imóvel para revenda ou arrendamento
- Aumento na velocidade de ocupação
- Aumento da retenção
- Modernização e menor obsolescência da edificação

## Benefícios Sociais

- Melhora na segurança e priorização da saúde dos trabalhadores e ocupantes
- Inclusão social e aumento do senso de comunidade
- Capacitação profissional
- Conscientização de trabalhadores e usuários
- Aumento da produtividade do funcionário; melhora na recuperação de pacientes (em Hospitais); melhora no desempenho de alunos (em Escolas); aumento no ímpeto de compra de consumidores (em Comércio).
- Incentivo a fornecedores com maiores responsabilidades socioambientais
- Aumento da satisfação e bem estar dos usuários
- Estímulo a políticas públicas de fomento a Construção Sustentável

## Benefícios Ambientais

- Uso racional e redução da extração dos recursos naturais
- Redução do consumo de água e energia
- Implantação consciente e ordenada
- Mitigação dos efeitos das mudanças climáticas
- Uso de materiais e tecnologias de baixo impacto ambiental
- Redução, tratamento e reuso dos resíduos da construção e operação.

Quadro 1- Benefícios da certificação LEED

Fonte: GBC Brasil, 2014 (Adaptado).

Na tentativa de fomentar este mercado e pleitear apoio financeiro para os empreendimentos sustentáveis, surgiram algumas linhas de créditos. Desenvolve São Paulo, AGE Rio, EEGM e Selo Casa Azul da Caixa são exemplos desses financiamentos. De acordo com Rodrigo Aguiar (GBC BRASIL, 2014), presidente da Associação Brasileira das Empresas de Serviço de Conservação de Energia, ABESCO, a intenção é que a parcela mensal do financiamento possa ser paga com a própria economia da redução de custos, com a implantação do projeto de eficiência energética.

## 2.2 Níveis de Certificação

O processo de certificação acompanha todo o cronograma do empreendimento, desde a escolha do local até a entrega da obra. Conforme Leite (2011, p. 24):

A certificação acontece em níveis que quantificam o grau de proteção ambiental obtido no empreendimento. O método de avaliação acontece através da análise de

documentos que indicam sua adequação aos itens obrigatórios e classificatórios. Através de um sistema de pontos que pode variar dependendo da categoria de certificação, são definidos os níveis de certificação. Há requisitos mínimos que devem ser atendidos ainda na fase de projeto, determinando ou não a possibilidade do projeto ser certificado.

O método de avaliação adotado pelo LEED é baseado em pontos, e para obter a certificação é necessário satisfazer critérios mínimos de desempenho. Dependendo da pontuação obtida, varia o tipo de certificação, sendo que quanto mais pontos atribuídos a um edifício, significa que ele possui uma maior quantidade de elementos sustentáveis, e, conseqüentemente, gera um menor impacto ao meio ambiente. Os quatro níveis de certificação são: Certificado, Prata, Ouro e Platina.



Figura 1 – Níveis de Certificação LEED

Fonte: GBC Brasil, 2014.

### 2.3 Tipologia

A certificação LEED se adequa aos mais distintos tipos de edificações, como por exemplo: residenciais, comerciais e hospitalares. Também se adapta ao ciclo de vida da construção, abrangendo tanto novas construções, quanto edifícios já existentes. Assim, o empreendimento a ser certificado deverá ser enquadrado em uma categoria específica. A fim de atender essas particularidades, dependendo da tipologia do edifício, são atribuídos diferentes pontuações e pré-requisitos em cada dimensão avaliada. O quadro 2 apresenta essa divisão.

Tipo	Descrição
LEED New Construction & Major Renovation (Novas construções e Grandes Reformas)	Destinado a edificações que serão construídas, ou passarão por reformas que venham a incluir o sistema de ar condicionado, envoltória e realocação

LEED Existing Buildings – Operation and Maintenance (LEED para Edifícios Existentes- Operação e Manutenção)	É focado na eficiência operacional e manutenção do edifício existente. Ajuda a maximizar a eficiência da operação e minimizar custos e impacto ao meio ambiente.
LEED for Commercial Interiors (LEED para Interiores Comerciais)	É a certificação que reconhece escritórios de alto desempenho, que por possuírem ambientes internos mais saudáveis, auxiliam no aumento de produtividade de seus ocupantes. Escritórios certificados possuem custos reduzidos de operação e manutenção, além de reduzirem sua pegada ecológica.
LEED Core & Shell (Envoltória e Estrutura Principal)	É destinado para edificações que comercializarão os espaços internos posteriormente. A certificação engloba toda a área comum, sistema de ar condicionado, estrutura principal, como caixa de escadas e elevadores e fachadas. Os detalhes da ocupação, como por exemplo, mobiliário, não são considerados, tendo em vista a pluralidade e autonomia dos futuros ocupantes. Este tipo de empreendimento facilita a certificação das salas de interiores comerciais.
LEED Retail (LEED para Lojas de Varejo)	Reconhece as diferentes necessidades e características de uma loja de varejo, quando comparada a uma edificação comercial e auxilia as diretrizes para a redução da pegada ecológica da edificação.
LEED for Schools (LEED para Escolas)	Cria ambientes escolares mais saudáveis e confortáveis, possibilitando melhor desempenho dos alunos e corpo docente. Reduz custos com operação e manutenção do edifício e possibilita a criação de práticas de educação ambiental dentro do próprio ambiente escolar.
LEED for Neighborhood Development (LEED para Desenvolvimento de Bairros)	Integra princípios de crescimento planejado e inteligente, urbanismo sustentável e edificações verdes, por meio de diferentes tipologias de edificações e mistura de usos dos espaços urbanos. Incentiva também a utilização de transporte público, eficiente e alternativo e criação de áreas de lazer, tais como parques e espaços públicos de alta qualidade. Esta tipologia engloba ruas, casas, escritórios, shoppings, mercados e áreas públicas.
LEED for Healthcare (LEED para Hospitais)	É a certificação que engloba todas as necessidades de um hospital, muito distintas das de uma construção comercial. Estudos comprovam que, por possuírem ambientes mais saudáveis e naturais, hospitais certificados ajudam na recuperação do paciente, que inclusive é mais rápida que o comum.

Quadro 2 – Tipologia LEED

Fonte: GBC Brasil, 2014 (Adaptado).

## 2.4 Dimensões Avaliadas

Para obtenção do selo LEED são analisados o desempenho e a eficiência da edificação em algumas áreas chaves. Para cada dimensão avaliada, podem existir pré-requisitos obrigatórios a serem cumpridos, ademais, para cada solução sustentável cumprida é atribuída uma determinada pontuação. Esses itens chaves avaliados estão apresentados no quadro 3.

<b>Categoria</b>	<b>Descrição</b>
Espaço Sustentável	Encoraja estratégias que minimizam o impacto no ecossistema durante a implantação da edificação e aborda questões fundamentais de grandes centros urbanos, como redução do uso do carro e das ilhas de calor.
Eficiência do uso da água	Promove inovações para o uso racional da água, com foco na redução do consumo de água potável e alternativas de tratamento e reuso dos recursos.
Energia e Atmosfera	Promove eficiência energética nas edificações por meio de estratégias simples e inovadoras, como por exemplo simulações energéticas, medições, comissionamento de sistemas e utilização de equipamentos e sistemas eficientes.
Materiais e Recursos	Encoraja o uso de materiais de baixo impacto ambiental (reciclados, regionais, recicláveis, de reuso, etc.) e reduz a geração de resíduos, além de promover o descarte consciente, desviando o volume de resíduos gerados dos aterros sanitários.
Qualidade ambiental interna	Promove a qualidade ambiental interna do ar, essencial para ambientes com alta permanência de pessoas, com foco na escolha de materiais com baixa emissão de compostos orgânicos voláteis, controlabilidade de sistemas, conforto térmico e priorização de espaços com vista externa e luz natural.
Inovação e Processos	Incentiva a busca de conhecimento sobre Green Buildings, assim como, a criação de medidas projetuais não descritas nas categorias do LEED. Pontos de desempenho exemplar estão habilitados para esta categoria.
Créditos de Prioridade Regional	Incentiva os créditos definidos como prioridade regional para cada país, de acordo com as diferenças ambientais, sociais e econômicas existentes em cada local. Quatro pontos estão disponíveis para esta categoria.

Quadro 3 – Dimensões avaliadas para obtenção do selo LEED.

Fonte: GBC Brasil, 2014 (Adaptado).

## 3 | ESTUDO DE CASO: ARENA CASTELÃO

A Arena Castelão, estádio de futebol localizado em Fortaleza, capital do Ceará, foi completamente reformado para a Copa do Mundo da FIFA 2014. Na obra, foram adotadas ações de sustentabilidade ambiental em todas as fases do projeto, essas ações foram amplas e variadas, e visaram sobretudo: reduzir a poluição causada na obra, realizar um consumo eficiente de água, melhorar o desempenho energético, elevar a qualidade do ar no ambiente interno e utilizar materiais com ciclo de vida



adequado.

Conforme Ramos e Righi (2014) durante a concepção do projeto de reforma, foi proposta a certificação do estádio pelo selo LEED, numa atitude inovadora, pois é o primeiro estádio na América do Sul a submeter-se a isto. Essa inovação resultou em uma edificação mais eficiente, proporcionando benefícios econômicos, sociais e principalmente ambientais.

A Arena Castelão foi inscrita na categoria Novas construções e Grandes Reformas, buscava o selo no nível Certificado (40 a 49 pontos), alcançando 46 pontos, foi o primeiro estádio da América do Sul a obter a certificação. Para a obtenção do selo LEED, a edificação foi analisada quanto a seu atendimento em cinco categorias setoriais principais, a saber: espaço sustentável, consumo eficiente de água, energia e atmosfera, materiais e recursos e qualidade do ambiente interno. As informações descritas nos tópicos seguintes foram fornecidas pelo escritório de arquitetura responsável pela concepção do projeto, que foi o “Vigliecca & Associados”.

### 3.1 Espaço Sustentável

Para esta categoria, na reforma do estádio foram adotadas soluções que visavam prevenção da poluição causada pela obra, estímulo ao transporte mais sustentável e diminuição do efeito ilha de calor. As principais ações realizadas nesta área foram:

- ▶ Proteção das bocas de lobo, para reter os detritos e não obstruir a tubulação da rede pluvial municipal.
- ▶ Bacias de decantação (caixa de coleta), para reter os efluentes da água da chuva por um período de tempo mais alargado, permitindo a homogeneização da fase líquida e a remoção de alguns compostos por decantação.
- ▶ Utilização de um lava-rodas na saída da obra, para evitar que os sedimentos presos nas rodas dos caminhões sejam as vias públicas.
- ▶ Correta fixação dos tapumes no solo, para manter os sedimentos dentro do perímetro da obra.
- ▶ Aspersão de água com carros pipa, para diminuir a poeira em suspensão na obra, melhorando a qualidade do ar.
- ▶ Utilização de lava-bicas para os caminhões betoneiras, a fim de evitar contaminação do solo pela água resultante da lavagem desses veículos.
- ▶ 5% do total de vagas do empreendimento demarcadas como vagas preferenciais para prática da carona, estimulando pessoas que fariam o mesmo trajeto separadamente a usar um único veículo.
- ▶ 5% do total de vagas do empreendimento demarcadas como vagas preferenciais para veículos de baixa emissão.
- ▶ Instalação de bicicletário para os funcionários, a fim de estimular o uso de diminuição do efeito ilha de calor.

- ▶ Especificações de coberturas e pisos claros para evitar o efeito ilha de calor, reduzindo o impacto no micro clima, vida selvagem da vizinhança.

### 3.2 Consumo Eficiente de Água

Na obra, foram executadas ações direcionadas ao uso racional da água, com foco na instalação de equipamentos capazes de gerar uma redução do consumo de água potável. As principais medidas realizadas nesta área foram:

- ▶ Instalação de descargas de duplo acionamento (com a opção de descarga de 3 e 6 litros)
- ▶ Uso de torneiras de fechamento automático, para diminuir a possibilidade de vazamentos.
- ▶ Instalação de um sistema de esgoto à vácuo, para a diminuição do consumo de água e preservação do volume de esgoto gerado.
- ▶ Captação de água da chuva para irrigação do campo por meio do sistema sifônico de drenagem instalado na cobertura.

### 3.3 Energia e Atmosfera

A fim de promover uma eficiência energética na edificação foram adotadas algumas estratégias, focando na utilização de equipamentos e sistemas eficientes. As principais ações realizadas nesta área foram:

- ▶ Utilização de sistemas de ar-condicionado (água gelada splits eficientes e Fluxo de Refrigerante Variável VRF) altamente eficientes e, ao demandar menos da matriz energética, possibilita a preservação das reservas ecológicas.
- ▶ A iluminação com lâmpadas eficientes, que além de vida útil, quanto maior a durabilidade, menor é a necessidade de produtos de reposição ou de manutenção.
- ▶ Automação para desligamento programado de ar-condicionado e iluminação de algumas áreas.

### 3.4 Materiais e Recursos

Na obra houve uma preocupação com o ciclo de vida dos materiais, buscando principalmente a utilização de materiais de baixo impacto ambiental e a redução da geração de resíduos. As principais medidas realizadas nesta área foram:

- ▶ Utilização de materiais permanentes em madeira do projeto, com o selo 100% FSC. Esse é um selo internacional e aprovado pelo Conselho Brasileiro de Manejo Florestal que garante a origem de florestas de manejo.
- ▶ Separação dos resíduos desde a sua geração em contêineres de coleta seletiva. Tudo que pode ser reutilizado ou reciclado ajuda a garantir a meta

de não enviar para aterros sanitários ou industriais 75% dos resíduos gerados pela obra.

- ▶ Reciclagem do material da demolição de parte do estádio foi feito dentro da própria obra com uma recicladora de concreto. O material foi usado como sub-base do estacionamento.
- ▶ Tratamento da água proveniente da lavagem dos pincéis, para a diminuição da quantidade de resíduo perigoso.

### 3.5 Qualidade do Ambiente Interno

Visando promover a qualidade ambiental interna, buscou-se medidas com foco na escolha de materiais com baixa emissão de compostos orgânicos voláteis, controlabilidade de sistemas e conforto térmico. As principais ações realizadas nesta área foram:

- ▶ Proteção dos dutos durante a construção da obra, para evitar o acúmulo de poeira que seria jogado no ambiente após seu acionamento.
- ▶ Uso de lixadeiras com aspirador, para diminuir a quantidade de partículas suspensas na construção.
- ▶ Renovação maximizada de ar do ambiente. Todos os projetos atendem às taxas de vazão de ar externo seguindo a norma americana ASHRAE 62.1 e da brasileira ANVISA.
- ▶ Uso tintas, colas, selantes e pisos com baixos COVs (compostos orgânicos voláteis), garantindo a qualidade do ar nos ambientes tanto durante sua aplicação quanto ocupação.
- ▶ Utilização de controle individual sobre o conforto térmico em mais de 50% dos espaços, com ajustes de temperatura, velocidade do ar ou umidade.
- ▶ Melhoria na produtividade nos escritórios com adoção de sistema de controle de iluminação para ao menos 90% dos ocupantes ou cada ambiente multiusuário.

## 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a descrição do processo de certificação LEED, além de promover uma compreensão do sistema, espera-se divulgar e disseminar os conceitos do certificado e ainda enfatizar a importância do selo, não somente para o setor da construção civil, mas também para outras áreas da sociedade, visto que este é um importante mecanismo para a redução dos impactos ambientais causados tanto nas obras, quanto durante o uso do edifício.

No Brasil percebe-se que nos últimos anos houve uma crescente busca pelas

certificações ambientais. Um marco importante é a procura dessas construções sustentáveis por parte do setor público, como ocorreu com as obras da Arena Castelão e outros estádios brasileiros. Espera-se que essas medidas sirvam de exemplo para sociedade, visto que é de suma importância o empenho da população na busca por essas construções que proporcionam menos danos ao meio ambiente.

Com a realização do estudo de caso foi possível compreender na prática as funcionalidades da certificação LEED, assim como visualizar suas vantagens (ambientais, econômicas e sociais) em relação aos meios construtivos convencionais. Ademais, foi observado que o sistema não se limita em construir edificações com vantagens direcionadas a uma fase específica da obra, os procedimentos sustentáveis se iniciam na concepção do projeto, tendo fase importante no período de realização das obras, e ainda um conjunto de ideias direcionadas ao uso e manutenção do edifício.

## REFERÊNCIAS

FUJIHARA, Maria Carolina. **Construção Sustentável e Certificação LEED no Brasil**. 2012. Disponível em: <[http://iab-sc.org.br/concursofatmafapesc/wp-content/uploads/2012/08/16.00h-Maria\\_Carolina\\_Fujihara.pdf](http://iab-sc.org.br/concursofatmafapesc/wp-content/uploads/2012/08/16.00h-Maria_Carolina_Fujihara.pdf)> Acesso em: 08 Dez. 2014.

**GBC BRASIL**. São Paulo: Vida Imobiliária Brasil, v. 1, jun. 2014.

JOHN, V. M.; AGOPYAN, V. **O desafio da sustentabilidade na construção civil**. Vol. 5. 1.ed. São Paulo: Editora Blucher, 2011.

KEELER, Marian; BURKE, Bill. **Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis**. Porto Alegre: Bookman, 2010.

LEITE, Vinicius Fares. **Certificação ambiental na construção civil – Sistemas LEED e AQUA**. 2011. 59 f. Monografia - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <[www.especializacaocivil.demc.ufmg.br/trabalhos/pg2/76.pdf](http://www.especializacaocivil.demc.ufmg.br/trabalhos/pg2/76.pdf)>. Acesso em: 03 dez. 2014.

RAMOS, Valmir; RIGHI, Roberto. **Arena Castelão em Fortaleza**: Avaliando o LEED. Minha Cidade, São Paulo, ano 14, n. 166.05, Vitruvius, maio 962014. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/minhacidade/14.166/5174>> Acesso em: 03 Jan. 2015.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-159-6

