



UNIFACS

UNIVERSIDADE SALVADOR

LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES®

**UNIFACS UNIVERSIDADE SALVADOR
MESTRADO EM ENERGIA**

FRANCISCO HENRIQUES DE LEMOS

**SHOTCRETE SOBRE PERFIS METÁLICOS: ALTERNATIVA PARA ALVENARIA
ESTRUTURANTE COMO SOLUÇÃO EXEQUÍVEL EM ARQUITETURA
COMPLEXA – RELATO DE CASO**

Salvador
2016

FRANCISCO HENRIQUES DE LEMOS

**SHOTCRETE SOBRE PERFIS METÁLICOS: ALTERNATIVA PARA ALVENARIA
ESTRUTURANTE COMO SOLUÇÃO EXEQUÍVEL EM ARQUITETURA
COMPLEXA – RELATO DE CASO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação, Mestrado em Energia da UNIFACS Universidade Salvador, Laureate International Universities, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Kleber Freire da Silva.

Salvador
2016

FICHA CATALOGRÁFICA

(Elaborada pelo sistema de Bibliotecas da UNIFACS, Laureate International Universities)

Lemos, Francisco Henriques de

Shotcrete sobre perfis metálicos: alternativa para alvenaria estruturante como solução exequível em arquitetura complexa – relato de caso. / Francisco Henriques de Lemos. – Salvador, 2016.
821 f.: il.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação, Mestrado em Energia da UNIFACS, Laureate International Universities, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Kleber Freire

1. Perfis metálicos. 2. Concreto jateado. 3. Eficiência construtiva.
I. Freire, Kleber, orient. II. Título.

CDD: 693.4

FRANCISCO HENRIQUES DE LEMOS

SHOTCRETE SOBRE PERFIS METÁLICOS: ALTERNATIVA PARA ALVENARIA
ESTRUTURANTE COMO SOLUÇÃO EXEQUÍVEL EM ARQUITETURA COMPLEXA
– RELATO DE CASO

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Energia, UNIFACS Universidade Salvador, Laureate International Universities, à seguinte banca examinadora:

Kleber Freire da Silva – Orientador _____
Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo – USP, Brasil
UNIFACS Universidade Salvador, Laureate Internacional Universities

Paulo Sérgio Rodrigues de Araújo _____
Doutor em Agronomia pela Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Brasil
UNIFACS Universidade Salvador, Laureate Internacional Universities

Paulo Moura Bispo Santana _____
Mestre em Tecnologia de Materiais pelo SENAI CIMATEC/UFBA/ITA
Instituto Federal da Bahia (IFBA), Campus Simões Filho

Ana Katerine de Carvalho Lima Lobato _____
Doutora em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)
Universidade Federal da Bahia (UFBA)

Salvador de de 2016.

*A meus Pais Armando e Cacilda e a
você Fernanda, minha filha,
razão de minha caminhada.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS que nunca me abandonou.

Ao meu orientador Prof. Dr. Kléber Freire da Silva, pelo apoio, incentivo e crença.

A meu inestimável amigo Paulo Araújo pela obstinação, apoio e sem o qual certamente não teria obtido êxito nesta empreitada. Um irmão sempre presente ao meu lado, dedicando disponibilidade, carinho, atenção e amor nos momentos mais difíceis que precisei.

Aos Professores do Mestrado Profissionalizante em Energia, da Universidade Salvador (UNIFACS), pelos conhecimentos.

Outra vez me voltei, e vi vaidade
debaixo do sol.

Há um que é só, e não tem ninguém,
nem tampouco filho nem irmão; e,
contudo não cessa do seu trabalho, e
também seus olhos não se satisfazem
com riqueza; nem diz: Para quem
trabalho eu, privando a minha alma
do bem? Também isto é vaidade e
enfadonha ocupação.

Melhor é serem dois do que um, porque
têm melhor paga do seu trabalho.

Porque se um cair, o outro levanta o
seu companheiro; mas ai do que estiver
só; pois, caindo, não haverá outro que
o levante.

Também, se dois dormirem juntos, eles
se aquecerão; mas um só, como se
aquecerá?

E, se alguém prevalecer contra um, os
dois lhe resistirão; e o cordão de três
dobras não se quebra tão depressa.

Melhor é a criança pobre e sábia do que
o rei velho e insensato, que não se
deixa mais admoestar."

Eclesiastes (Cap. 4; Vers. 7-12)

RESUMO

Nesta dissertação discorreu-se sobre a execução da obra do Teatro L'Occitane, em Trancoso (Porto Seguro - BA). Construção que apresenta geometria arquitetônica complexa de superfícies curvilíneas negativas (alvenaria estruturante), sendo projetado para integrar-se a paisagem local e funcionar como referência de grandes eventos de apresentação e formação de cultura (arte musical), dentro do programa Música em Trancoso, que integra e valoriza o calendário de eventos baianos. Concebido para tornar-se uma das matrizes permanente de desenvolvimento regional nos escopos cultural, socioeducativo, ambiental e econômico. Adotando-se como estratégia metodológica o relato de caso, objetivou-se descrever a eficiência e sustentabilidade construtiva, adotando-se por critério técnico a utilização da estrutura de perfis metálicos, como suporte à casca de concreto projetado/jateado, em substituição ao concreto armado convencional. Como estado da arte foram abordados os aspectos de ecoconstrução como vantagem competitiva, marcos históricos, caracterização e aplicabilidade dos perfis metálicos na construção civil, bem como, o processo evolutivo de materiais, equipamentos e aplicabilidade do *shotcrete*. Foram considerados, com foco na efficientização de tecnologias, materiais e processos, alguns parâmetros empíricos para comparação e análise dos resultados observados no processo de execução, em conformidade à especificidade da edificação. Nas condições dos fatores analisados, ressalta-se que a adoção do concreto jateado em alvenaria estruturante sobre perfis metálicos em relação ao concreto armado, promoveu exequibilidade construtiva (-12,14%), relacionada a eficiência de processos e minimização de impactos ambientais desfavoráveis, dentro das exigências arquitetônicas de perfis negativos, decorrente da redução de carga estrutural, moldabilidade, conforto termo acústico e menor período de execução (120 dias). Destacaram-se aspectos de precisão dimensional (escala de milímetros) e redução de logística de canteiro de obra, pelo(a): i) decremento na geração de resíduos, consumo de perfis metálicos, formas de madeira, areia e água; ii). desuso de britas, concretagem, cura e desforma; iii) diminuição da movimentação de transportes, menor consumo de combustível e emissão de gases do efeito estufa (GEE). Ainda, considera-se alternativa técnica pouco usual na Bahia e no Nordeste brasileiro, com funcionalidade de alvenaria estruturante, com potencial de expansão.

Palavras-chave: Perfis Metálicos. Concreto Jateado. Eficiência Construtiva.

ABSTRACT

In this dissertation was discussed the implementation of the Theatre L'Occitane work in Trancoso (Porto Seguro - BA). Construction featuring complex architectural geometry negative curvilinear surfaces (structural masonry) and is designed to integrate with the local landscape and serve as reference for major events presentation and training culture (art music) within the Music program in Trancoso, which integrates and enhances the calendar of events Bahia. Designed to become one of the permanent headquarters of regional development in the cultural scopes, socio-educational, environmental and economic. adopting as methodological strategy the case report aimed to describe the efficiency and constructive sustainability, adopting by technical criteria using the metal profiles structure, supporting the concrete shell designed/sandblasted, replacing the reinforced concrete conventional. As state of the art were addressed aspects of eco-construction as a competitive advantage, landmarks, characterization and applicability of metal profiles in construction, as well as the evolutionary process of materials, equipment and applicability of shotcrete. They were considered, focused on efficiency technologies, materials and processes, some empirical parameters for comparison and analysis of the results observed in the implementation process, according to the specificity of the building. Under the conditions of the analyzed factors, it is noteworthy that the adoption of sandblasted concrete in structural masonry on metal profiles in relation to the reinforced concrete, promoted constructive feasibility (-12.14%), related to process efficiency and minimizing adverse environmental impacts, within the architectural requirements of negative profiles, due to the reduction of structural load, moldability, acoustic comfort and lower term implementation period (120 days). They stood out aspects of dimensional accuracy (millimeter scale) and reduction of construction site logistics at (a): i) decrement in waste generation, consumption of steel profiles, wood shapes, sand and water; ii). disuse of gravel, concrete, curing and stripping; iii) decreased movement of transport, lower fuel consumption and emission of greenhouse gases (GHGs). Still, it is considered unusual alternative technique in Bahia and Northeast Brazil, with functionality structural masonry, with potential for expansion.

Index Terms: Metal Profiles. Shotcrete. Constructive Efficiency.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Segmentação da cadeia produtiva da construção civil	21
Figura 2 - Ilustração de uma edificação usando princípios da	26
Figura 3 - Painel 1 – Castelo (Cáceres - Espanha); b- Edificação Militar (Moura – Portugal); c- Moradia construída pós II Guerra Mundial (München – Alemanha); casas apiloadas (Tiradentes, Brasil), construídas em diversas épocas e técnicas utilizando Taipa	27
Figura 4 - Ilustração de sistema de geração fotovoltaica de energia elétrica	30
Figura 5 - Esquema Estrutural de uma Dendrita	44
Figura 6 - Bomba utilizada para cobrir fachada no museu de Chicago em 1907	50
Figura 7 - Diagrama do fluxo de projeção (a) e processo de fluxo aerado (b) para via seca.....	53
Figura 8 - Diagrama do fluxo de projeção (a) e processos de fluxo aerado (b) e denso (c) para via úmida.....	54
Figura 9 - Painel 2 – Vistas panorâmicas das áreas externas; palco a céu aberto e fachada do Teatro L'Occitane Trancoso	57
Figura 10 - Painel 3 - Vista externa da construção anexa (<i>Facilities</i>	59
Figura 11 - Retificadora de solda para eletrodo revestido	60
Figura 12 - Esquema e modelo de Aparelho de maçarico oxi-corte.....	61
Figuras 13 – Desenhos unifilares a) Vista superior; b) Vista posterior	63
Figura 14 – Maquete de vistas laterais.....	63
Figura 15 - Painel 4 – Mosaico constando: a) desenho conceutivo; b) reações nas fundações; c) planta baixa e cortes, seções/detalhes de peças metálicas (suporte da arquibancada superior)	64
Figura 16 - Painel 5 – Mosaico apresentando: a) fundação para fixação da mão francesa; b) mãos francesas e detalhe das colunas laterais em concreto (suporte para fechamento perimetral); c) vigas inclinadas de suporte à pré-laje da arquibancada superior.....	65
Figura 17 - Painel 6 – Estrutura metálica suportando o madeirite em superfície curvilínea [curvilíneas côncava (externo) e convexa (interno)]; detalhes de suporte ao fechamento perimetral da arquibancada (shotcrete) e lateral concluída	65
Figura 18 – Caminhões [a] truck; b) cavalo mecânico] utilizados no transporte de peças metálicas.....	67
Figura 19 – Guindastes [a] veicular; b) hidráulico sobre caminhão] utilizados para içamento e deslocamento horizontal de peças metálicas veicular	68

Figura 20 - Escurecimento na superfície externa do alvenaria estruturante do Teatro L'Occitane, no distrito de Trancoso, em Porto Seguro, na Bahia77

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Participação (%) das emissões de CO ₂ oriundas da geração de eletricidade e aquecimento para o setor da construção civil em diferentes países ...	19
Gráfico 2 - Pessoal (%) ocupado na cadeia de construção em 2009.....	20
Gráfico 3 - Investimento e arrecadação de impostos (R\$ milhão).....	20
Gráfico 4 - Evolução do Mercado Siderúrgico Brasileiro - 1952-73.....	39
Gráfico 5 - Evolução do Mercado Siderúrgico Brasileiro - 1974-89.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Energia embutida nos principais materiais básicos de construção	24
Tabela 2 - Energia embutida nos diferentes tipos de argamassa, paredes e lajes ...	24
Tabela 3 - Energia embutida nos transportes de materiais básicos de construção...	25
Tabela 4 - Siderurgia - Desembolsos efetuados pelo Sistema BNDES - 1952-73	40
Tabela 5 - Plano de Saneamento do Sistema Siderbrás.....	40
Tabela 6 - Siderurgia - Desembolsos efetuados pelo Sistema BNDES 1974-89	41

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
JUSTIFICATIVA	17
1 CONSTRUÇÃO CIVIL: IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS	19
1.1 ECOCONSTRUÇÃO: VANTAGEM COMPETITIVA	23
1.1.1 Taipa de pilão ou terra estabilizada compactada (TEC).....	26
1.1.2 Energia fotovoltaica	28
1.1.3 Iluminação a led (<i>Light Emitting Diode</i>)	30
1.1.4 Madeira Plástica	31
1.1.5 Telhado Verde; Piso de Bambu e Rodapé.....	33
2 ESTRUTURA METÁLICA: MARCOS HISTÓRICOS, CARACTERIZAÇÃO E APLICABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL	35
2.1 HISTÓRICO DO AÇO NO BRASIL	36
2.2 SIDERURGIA NO BRASIL (1952-1989).....	37
2.3 ESPECIFICIDADES/PROPRIEDADES DO AÇO.....	43
2.4 APLICABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL	48
3 SHOTCRETE	50
4 METODOLOGIA	56
5 RESULTADOS e DISCUSSÃO	63
5.1 DIMENSIONAMENTO DOS PERFIS E AQUISIÇÃO DE MATÉRIA-PRIMA (CHAPAS; TUBULARES).....	66
5.2 PLANEJAMENTO/EXECUÇÃO DE TRANSPORTE; EQUIPAMENTOS AUXILIARES E MANUAIS.....	67
5.3 PROCESSOS DE SOLDAGEM/CORTE E ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS.....	68
5.4 DIMENSIONAMENTO CONSTRUTIVO.....	70
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	76
REFERÊNCIAS	78

INTRODUÇÃO

Em CBCS (2013), Roberto Kauffmann, presidente do Conselho Empresarial da Indústria da Construção da Firjan e do Sindicato da Indústria da Construção Civil (RJ), comentou que dentre 50 % da energia elétrica consumida por indústrias no Brasil, 30% se restringe a seis setores [cimento, aço, alumínio (construção civil), ferroliga, petroquímica e papel e celulose]. Além deste consumo de energia, a atividade supera o setor de transporte nas emissões de carbono. Assim, torna-se imprescindível a redução de custo da energia na formação de preço na construção civil, considerando-se a redução no consumo de matéria prima, valor de compra e adoção de energias/técnicas/materiais/processos alternativos.

Ruiz (2014) ressaltou que a construção civil demanda aumentar a eficiência energética antes, durante e após a execução da obra, produzindo também ganhos ambientais, conseqüente certificações indicando processos/produtos eficientes. A questão do aproveitamento adequado dos recursos naturais tornou-se vigente nos países desenvolvidos, que entre os brasileiros tornou-se nevrálgico após a crise energética de 2001 (blecaute). Citando Wines (2000) essa indústria tem sido um dos maiores consumidores de recursos naturais (16,6% do fornecimento mundial de água pura, 25% de madeira e 40% de combustíveis fósseis e materiais manufaturados), além da emissão de CO₂ (indústria cimenteira).

O marco legal brasileiro nesta temática é a lei 10.295/01, regulamentada pelo decreto 4.059/01, que dispõem sobre a política nacional de conservação e uso racional de energia, sendo prerrogativa do Executivo, estabelecer níveis máximos de consumo ou mínimos de eficiência (máquinas/aparelhos), tais como: i) fachadas inteligentes (filtram automaticamente a energia solar; demandam baixa manutenção e vidros opacos e autolimpantes); ii) sistema de condicionamento de ar (controle simultâneo de temperatura, umidade, pureza e aeração; iii) Sistemas ou fontes alternativas de energia; iv) aquecedores solares de água, painéis fotovoltaicos e gás natural, com sistemas híbridos ou cogeração; v) sistemas de iluminação automáticos (sensores de presença); vi) materiais isolantes em coberturas e alvenarias.

O estudo de eficiência energética nas edificações é focado nos mercados brasileiro, chinês, indiano, japonês e norte-americano (2/3 do consumo mundial de energia). Busca-se reduzir o impacto ambiental e adotar medidas que produzam eficiência, assim a sociedade civil, empresários e governantes estão desenvolvendo

selos verdes ou certificados ambientais (conceitos e indicadores caracterizados pela sustentabilidade ambiental), considerando-se como processo ou produto utilizando a matriz natural (água, solo, ar, ecossistemas) que pode ser mantido ou continuar a ser produzido no longo prazo, sem produzir impactos negativos aos recursos materiais e energéticos à existência da biota.

Olivet (201?) aplicando o conceito à indústria construtiva inferiu uma construção sustentável [atendimento as recomendações das Normas ISO 21930 (2007) - Sustentabilidade na construção civil - Declaração ambiental de produtos para construção e ISO 15392 (2008) - Sustentabilidade na construção civil - Princípios gerais], como aquela a ser executada e operada em longo prazo sem comprometer o ambiente natural necessário às atividades humanas a partir da contemporaneidade, considerando-se: a) planejamento executivo; b) aproveitamento passivo dos recursos naturais; c) eficiência de processos; d) gestão e economia de água e energia; e) geração mínima e gestão de resíduos; f) preservação da qualidade do ar; ambiência construtiva e conforto termo acústico; g) uso racional de matéria-prima; materiais, produtos e tecnologias mais limpas. A WBCSD recomendou que governos, empresas e cidadãos reduzam em 77% (48 gigatoneladas) o consumo de energia nas novas e antigas construções, minimizando impacto ambiental setorial.

Ressaltou ainda que este conceito de construção sustentável estabelecido pelos certificadores mundiais (selos verdes) enfatiza a preservação dos recursos naturais, prevenção da saúde e redução de contaminantes nas urbes, inferindo-se que um edifício não pode ser gerador de doenças, como a Síndrome do Edifício Doente (SEE). O geobiólogo espanhol Mariano Bueno considera uma edificação sustentável como um ecossistema, devendo funcionar como uma segunda pele do morador ou usuário, assemelhando-se às condições naturais ao bem estar humano (umidade relativa do ar, temperatura estável, sensações de conforto e segurança de ambiência). O selo Aqua (Brasil) constituiu quatro grupos (A, B, C e D: perfazendo 14 categorias) relevantes à qualidade ambiental de uma edificação, sendo relacionados [letras (grupos); números (categorias)] na sequência: A) Sítio e Construção: 1) relação do edifício com o seu entorno; 2) escolha integrada de produtos, sistemas e processos construtivos; 3) canteiro de obras com baixo impacto ambiental; B) Gestão: 4) energia; 5) água; 6) resíduos de uso e operação da edificação; 7) manutenção - permanência do desempenho ambiental; C) Conforto: 8)

higrotérmico; 9) acústico; 10) visual; 11) olfativo; D) Saúde (qualidade sanitária): 12) ambientes; 13) ar; 14) água.

Torna-se desafiador o processo de pesquisa e execução de processos que enfatizem a migração de modelo construtivo focado no cliente final para sociedade sustentável contemporânea (responsável pelo que consome, gera, processa e descarta), que minimiza impactos socioeconômicos e ambientais negativos, a partir da pluralidade e questões locais, enfatizando qualidade de vida e desenvolvimento.

Araújo ([201?]) citando o arquiteto e pesquisador colombiano Javier Barona, comentou que ferramenta básica à identificação do estado e das necessidades gerais de uma obra que se pretende tornar sustentável é a Análise de Ciclo de Vida (ACV), aceita pela comunidade internacional como base legítima de comparação de materiais, tecnologias, componentes e serviços utilizados ou prestados. O Comitê Técnico da ISSO conceitua edificação sustentável como aquela capaz de manter moderadamente ou melhorar a qualidade de vida e harmonizar-se ao clima, tradição, cultura e ambiente local, conservando energia e recursos naturais, reciclando materiais e minimizando geração de resíduos, considerando-se a capacidade de carga dos ecossistemas, durante o ciclo funcional (ISO/TC 59/SC3 N 459), sendo ideal a auto sustentabilidade (capacidade de manter-se a si mesmo, atendendo a suas próprias necessidades, gerando e reciclando seus próprios recursos a partir do seu sítio de implantação).

Baseado nessas premissas, como objetivo geral buscou-se descrever a eficiência e sustentabilidade construtiva da decisão técnica de utilização de estrutura de perfis metálicos, como suporte à casca de concreto projetado/jateado, em detrimento da utilização de concreto armado convencional. Como especificidade foram estabelecidos parâmetros técnicos empíricos convergentes ao *shotcrete* sobre perfis e o concreto armado para comparação de exequibilidade.

A dissertação foi concebida na sequência com uma justificativa, sendo compilados três capítulos, onde no primeiro discorreu-se sobre impactos socioeconômicos e ambientais na construção civil; no segundo foi composto uma tratativa sobre estrutura metálica, concernente a marcos históricos, caracterização e aplicabilidade setorial. No terceiro procedeu-se uma narrativa sobre uso do *shotcrete*. A partir deste estado da arte foi descrita a metodologia, sendo adotada a estratégia na forma de relato de caso, quando do uso do concreto jateado sobre

estrutura de perfil metálico na execução do Teatro L'Occitane, apresentando-se os resultados, discussão e culminando com as considerações finais.

JUSTIFICATIVA

Em Vantagens (2012) foi reportado que os perfis metálicos promovem economicidade nas fundações, pela redução de peso e melhor distribuição dos esforços através das paredes leves (estruturas retas e cantos quadrados). Tornam-se mais fáceis de acondicionar, trabalhar, transportar e movimentar, apresentando funcionalidade, qualidade e segurança construtiva, pois não contém torções ou nós. Destacam-se pela alta qualidade e estética; menor custo de manutenção; reutilização e funcionalidades de componentes; resistente ao ataque de cupins e outras pragas; apresenta eficiência energética, celeridade na montagem e de fácil manutenção.

As instalações (hidráulicas, elétricas, ar condicionado, gás, aspiração, entre outras) acopladas internamente às paredes facilitam o acesso de manutenção. Há melhor resultante dos sistemas termo acústico (lã de vidro e elementos impermeabilizantes), permitindo aeração constante, equilibrando temperatura e umidade. Observa-se uma redução no processo de montagem e na geração de resíduos, não incorrendo em restrições quanto ao projeto arquitetônico, desde segurança construtiva até os materiais para acabamentos.

Contemporaneamente planejar na indústria da construção civil perpassa por adoção de novos processos, tecnologias e materiais promotores da exequibilidade executiva, eficiência energética (condições bioclimáticas), minimização de impactos negativos ao ecossistema, decorrente das interferências na circunjunção, em seus meios físico, biótico e antrópico, desde incômodos (sonoros, visuais, vibrações e mobilidade); poluições (solo, água e ar), impactos ao local da obra (erosões, assoreamentos) e consumo de recursos (água, energia, matéria prima e mão de obra).

Visando projetar e executar interfaces articuladas e integradas às condições locais, adequando-se processos construtivos e preservação ambiental, foi construído o Teatro L'Occitane Trancoso, projetado pelo arquiteto luxemburguês François Valentiny, conhecido por seus projetos de espaços culturais, incluindo a Sala de Concertos Saarbrücken (Alemanha), a Casa de Mozart - Kleines Festspielhaus de

Salzburgo (Áustria) e a o Pavilhão da Expo Luxemburg em Xangai (TEATRO, 2014), que segundo Lutero Pröscholdt Almeida (2014):

[...] precisou de uma grande ajuda da tecnologia para a construção, pois toda a estrutura escultórica, que esteticamente parece muito com o seu trabalho gráfico, com um “quê” de surrealismo, foi concluída em apenas um ano, sendo executada em *steel framing*, estrutura metálica e concreto pré-fabricado – o teatro possui duas salas gêmeas, uma coberta e outra descoberta, cada uma comportando 1200 pessoas; as salas se sobrepõem, a de cima está a céu aberto e a de baixo está coberta, mas apesar de ser subterrânea é bem arejada com grandes recuos do terreno e grandes aberturas triangulares; o centro cultural completo ainda possui um anexo que dá suporte comportando um café, salas de ensaio, banheiros e reunião – [...]. [...] A pitoresca obra de longe lembra uma referência arquitetônica brasileira, que parece fazer completo sentido naquele contexto, pois aquele espaço se tratava de um lugar de exceção nos arredores de Trancoso [...].

Em Teatro (2014) foi reportado que:

[...] o teatro L’Occitane é o único no mundo a possuir duas plateias sobrepostas de igual capacidade (1100 lugares cada), uma, aberta, para apresentações ao ar livre e outra fechada para shows em local coberto. Dispõe ainda de *backstage* completo, com seis camarins individuais e dois vestiários coletivos. O teatro também inclui um anexo, o ‘facilities’, com oito salas de ensaio, um espaçoso bar e salas de reuniões. Com um design que contrasta curvas com aberturas triangulares, totalmente integrado com o ambiente natural de Trancoso, o edifício traz painéis imponentes, gravados em bronze, da renomada artista brasileira Maria Bonomi. As gravuras se referem tanto à natureza local, com suas falésias impressionantes, quanto ao local de nascimento da nação brasileira. O projeto de 2750 metros quadrados custou R\$ 27 milhões e levou dois anos para ficar pronto, envolvendo mais de 150 operários na construção. Dois dos principais acionistas da empresa francesa L’Occitane são os mantenedores do complexo instalado no condomínio Terravista em Trancoso, no sul da Bahia [...].

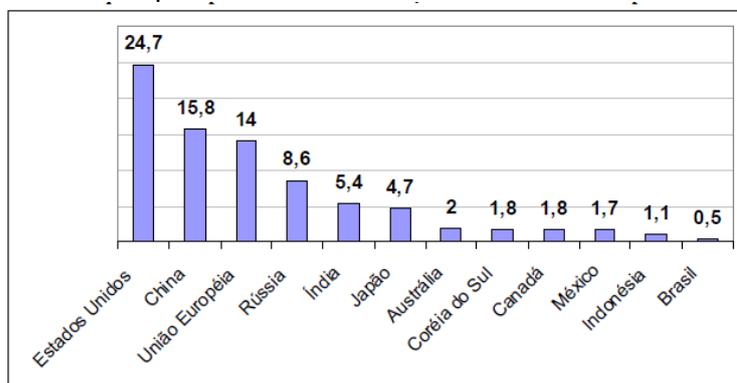
Em se tratando de projeto arquitetônico conceitual complexo, em área com dificuldade de acessibilidade e logística, com especificidade de superfícies curvilíneas e buscando-se viabilidade construtiva, optou-se pela exequibilidade técnica em utilizar o *shotcrete* ou concreto jateado, como alternativa de alvenaria estruturante, sobre esqueleto de perfis metálicos. Enfatizou-se a efficientização de processos com encurtamento do período de execução, evitando-se a instalação de usina de concreto, buscando-se a redução de consumo de água, brita, energia, mão-de-obra, conseqüentemente minimizando de impactos ambientais negativos.

1 CONSTRUÇÃO CIVIL: IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS

Em Tendências (2010) consta que o setor de construção civil é responsável pelo consumo de 30% dos recursos naturais extraídos [40% energia global consumida; 25% (consumo de água) e 12 % (uso da terra)], gerando 25% dos resíduos sólidos e 30% das emissões de GEE. Emprega em média 10% da população economicamente ativa. No Brasil, o setor representa 9% do PIB e promoveu 700 mil novos empregos (2008), emitindo em toneladas anuais 22,8 milhões de CO₂ (Gráfico 1) e cerca de 85 milhões de resíduos. Apresenta regulamentação, fiscalização e aplicação deficitárias, conseqüente informalidade (construção de 75% das casas, com uso ineficiente de recursos e descarte inadequado de materiais).

Ainda, no mesmo texto foi reportado que em relação à eficiência energética na construção civil, (iniciativas públicas e privadas), o *Green Building Council* incentiva a sensibilização do público consumidor, uso de tecnologias mais limpas (menor consumo energético). Foi registrado que o desenvolvimento sustentável no Brasil passa pela capacidade de inovar, sendo que 57% de empresários (companhias multinacionais em território brasileiro) declararam “não possuir nem pretender ter uma unidade dedicada a desenvolvimento e pesquisa no curto prazo”, diferente da China e Índia, que perceberam na economia verde uma alternativa exequível à inovação e protagonismo (Consultoria *Economist Intelligence Unit*).

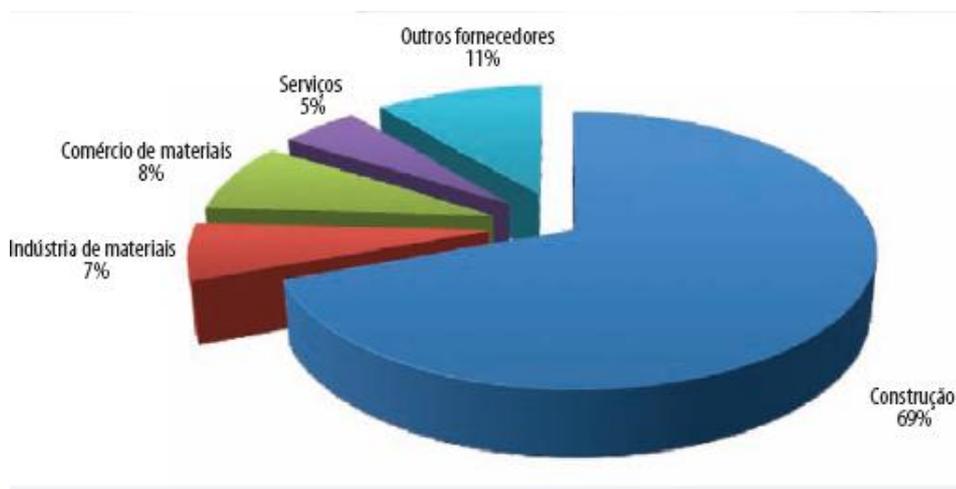
Gráfico 1 – Participação (%) das emissões de CO₂ oriundas da geração de eletricidade e aquecimento para o setor da construção civil em diferentes países



Fonte: WRI (2005 apud TENDÊNCIAS, 2010, p. 35).

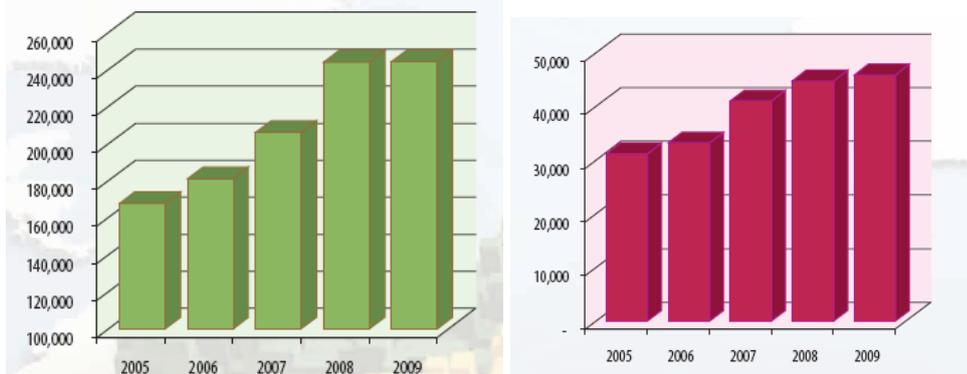
A demanda por produção e comercialização (CONSTRUBUSINESS, 2010) de unidades habitacionais urbanas na conjuntura brasileira tem sido termômetro de crescimento e sustentáculo econômico, movimentando em 2009 o setor de recursos humanos de 10 milhões de pessoas, investimento e geração de impostos, sendo formado pelos segmentos de autogestão e autoconstrução e pelas construtoras que executam obras ou etapas das obras de engenharia (Gráficos 2 e 3), materiais e serviços atrelados ao processo da cadeia produtiva (Figura 1) da construção civil, em conformidade com o censo geral realizado pelo IBGE em 2010.

Gráfico 2 - Pessoal (%) ocupado na cadeia de construção em 2009



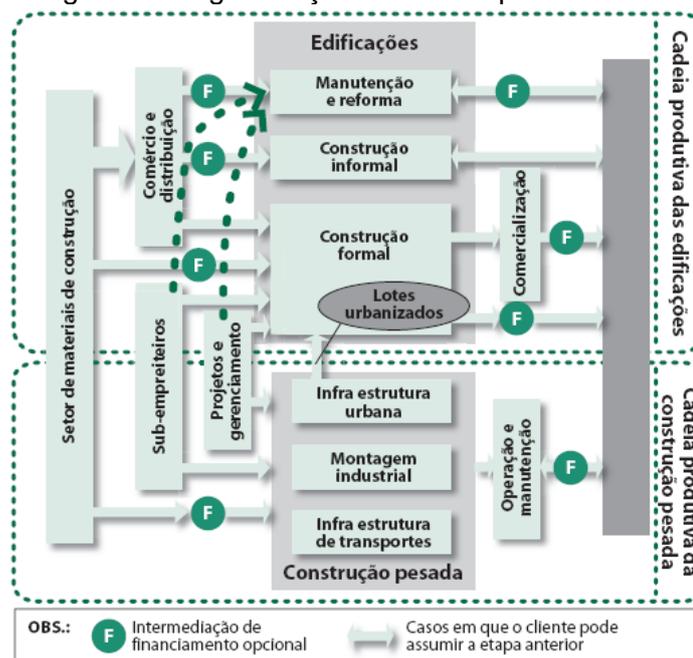
Fonte: Construbusiness (2010).

Gráfico 3 - Investimento e arrecadação de impostos (R\$ milhão)



Fonte: Construbusiness (2010).

Figura 1 - Segmentação da cadeia produtiva da construção civil



Fonte: Proposta (2008).

Segundo Construbusiness (2010) na projeção para crescimento anual, no período de 2009-2022 nos grandes setores da economia brasileira, destacam-se os produtos de minerais não metálicos (6,7%), serviços industriais de utilidade pública (6,7%) e construção civil (6,1 %). Ainda, foi reportada que nas políticas públicas habitacionais brasileiras é fundamental a análise dos fatores demográficos e da dinâmica socioeconômica que condicionam a formação de famílias e, por consequência, as necessidades de moradias, considerando-se: a) dinâmica familiar - processo de formação de novas famílias, o qual é influenciado pelo crescimento demográfico e pela evolução econômica da população; b) déficit habitacional: passivo de moradias decorrente do não atendimento das necessidades ao longo dos anos; c) depreciação: necessidade de reposição do estoque habitacional desgastado pelo uso.

A associação dessas três necessidades (novas famílias, eliminação da precariedade e redução da coabitação) demanda uma produção anual de cerca de 1,8 milhões de moradias, significando que para atender às metas da política habitacional, seria necessário construir 23,5 milhões de moradias entre 2010 e 2022, desafio equivalente ao total de moradias dos três estados (SP, MG e RJ) mais populosos do país em 2009 (CONSTRUBUSINESS, 2010).

Aliado a pressão social do déficit habitacional quantitativo e qualitativo, segundo Sarrouf (2006) a atividade de construção civil tem representado a vilania ambiental pela especulação e ocupação desenfreada de áreas, alteração das características locais, contribuição às emissões atmosféricas, extração de recursos naturais e geração de resíduos (cerca de 40% dos recursos naturais extraídos são destinados à construção civil e 60% dos resíduos sólidos urbanos são provenientes de construções e demolições) (PINTO, 2005; BIOARQUITETURA, 2006).

Segundo Nascimento (2011) o setor de construção é considerado defasado no controle, gestão de resíduos, em tecnologia e proteção ambiental. Citando César (2002) que destacou dentre os fatores que caracterizam este atraso tecnológico constam a mão-de-obra com baixa qualificação, materiais e recursos inadequados às necessidades da obra e à realidade de determinadas regiões brasileiras, além de processos ultrapassados que ainda resistem ao tempo por razões culturais. Furtado (2003) ressaltou que mesmo exercendo influência nas atividades sociais e econômicas, esse setor continua sendo uma das principais fontes de deterioração ambiental, necessitando tornar essa atividade socioeconômica e ambientalmente mais sustentável.

Em Proposta (2008) foi reportado que nesta cadeia há marcante ausência de dados e dificuldade em obter informações confiáveis, com poucas exceções. Ressaltou que ocorreu intensificação dos processos de mudança pela retomada de investimentos públicos, captação de recursos em bolsas e esforços do Plano Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H).

Este Plano implica em adoção de conceitos de gestão e qualidade, pela adoção de modelos organizacionais e inovações tecnológicas, destacando-se artigos recentes na Construbusiness, Projeto da União Nacional da Construção (UNC) e a promulgação da Lei 10.931/04 (BRASIL, 2004), que normatiza o processo de retificação do registro Imobiliário e dispõe sobre o patrimônio de afetação de incorporações imobiliárias, Letra de Crédito Imobiliário, Cédula de Crédito Imobiliário e Cédula de Crédito Bancário.

1.1 ECOCONSTRUÇÃO: VANTAGEM COMPETITIVA

Segundo o CDES (2009) os pilares integrados e interdependentes à sustentabilidade são os vieses socioeconômicos e ambientais, sendo uma tendência crescente de mercado sua aplicação na construção, onde as empresas incrementam a forma de produzir e gerir os empreendimentos, destacando-se:

- a) aproveitamento de condições naturais locais;
- b) utilização mínima de área e integração máxima à condição natural;
- c) implantação e análise do entorno, minimizando impactos negativos externos e internos do empreendimento (paisagem, temperaturas e concentração de calor, sensação de bem-estar);
- d) promoção de processo de gestão sustentável da implantação e uso com aspectos de ecoeficiência [projeto arquitetônico; processo construtivo; adoção de matéria-prima; eficiência energética de processos e hábitos de consumo (energia; água; resíduos = redução, reutilização, reciclagem) e utilização de inovação tecnológica].

No Brasil, a agência do ABN Amro Real (Granja Viana - São Paulo), pode ser o primeiro empreendimento a receber a certificação *green building*, concedida às empresas que adotaram os critérios de sustentabilidade ambiental LEED (Liderança em Energia e Design Ambiental), selo com reconhecimento e difusão internacional, orientado ao mercado e com responsabilidade ambiental. Criado por conselho aberto, voluntário e mundial (*U.S Green Building Council - USGBC*) que congrega 8.500 profissionais, com lideranças multissetoriais da construção (BOTANA, 2011).

Ainda, foi reportado que as construções “verdes” (uso eficiente dos recursos) buscam o desenvolvimento socioeconômico e ambiental, nas estruturas projetadas, construídas, reformadas, operadas e demolidas. Enfatizam altos níveis de desempenho funcional, economicidade de recursos na "vida útil" da edificação, minimização de impactos nocivos, saudável às pessoas, inserção harmoniosa ao meio ambiente e respeitosa à comunidade local, incorporando projetos passivos de baixa tecnologia e estratégias e sistemas de alta tecnologia (economicidade pelo uso de equipamentos aproveitadores de iluminação natural e painéis fotovoltaicos).

Nascimento (2011) reportou que os profissionais da construção reconhecem que construções sustentáveis são importantes ao meio ambiente, embora subestimem o impacto dos edifícios nos níveis de emissões de gases de efeito

estufa. Ainda, destacou que os mesmos superestimam os custos adicionais de um edifício certificado que é cerca de 5% para os países desenvolvidos. Citando Reddy e Jagadish (2001), que destacaram a importância do conhecimento da energia embutida nos materiais e processos construtivos, conforme relação material e energia térmica (Tabela 1), tipos de argamassas, paredes e lajes (Tabela 2).

Tabela 1 - Energia embutida nos principais materiais básicos de construção

Tipo de material	Energia térmica (MJ/Kg)
Cimento Portland	5,85
Cal	5,63
Cimento com cal (LP)	2,33
Aço	42,00
Alumínio	236,80
Vidro	25,80
Bloco de pedra (desconsiderando talhamento)	0,00
Bloco de argila queimada	4,25
Bloco de solo cimento (6%)	1,00
Bloco de solo cimento (8%)	1,35
Bloco de concreto vazado (7%)	1,32
Bloco de concreto vazado (10%)	1,62
Bloco de lama curada no vapor	2,58

Fonte: Adaptado de Nascimento (2011, p. 27-28 apud REDDY; JAGADISH, 2001).

Tabela 2 - Energia embutida nos diferentes tipos de argamassa, paredes e lajes

Categoria	Tipo	Composição			Energia (MJ/m ³)	Energia m ³ de parede (MJ)
		Cimento	Solo	Areia		
Argamassa	Cimento	1	0	6	1268	
		1	0	8	1006	
	Cimento pozolânico	0,8: 0,2	0	6	918	
		0,8: 0,2	0	8	736	
	Solo-cimento	1	2	6	849	
		1	2	8	773	
Blocos de paredes	LP (cimento + cal)	1(1:2)	0	3	732	
	Argila queimada					2141
	Solo-cimento (6%)					646
	Solo-cimento (8%)					810
	Concreto vazado (7% cimento)					819
	Concreto vazado (10% cimento)					971
	Lama curada no vapor (10% cal blocos)					1396
Piso ou cobertura (vãos de 3,60 m)		Energia/m ² de área plana (MJ)			Equivalência (%) com laje de concreto armado	
Lajes	Concreto armado			730		100
	Cobertura composta com blocos de lama estabilizada			590		80,8
	Cobertura em treliça de concreto armado			491		67,3
	Painel composto com blocos			560		76,7
	Cobertura abobadada em blocos de argila queimada			575		78,8
	Cobertura abobadada em blocos de lama estabilizada			418		57,3
	Cobertura em placas de ferro-concreto			158		21,6

Fonte: Adaptado de Nascimento (2011, p. 29-31 apud REDDY; JAGADISH, 2001).

Considera-se como alternativa de eficiência a adoção de cimento calcinado (LP) (30% cal; 60% pozolona; 10% gesso calcinado) para usos secundários (alvenarias, argamassas de revestimento e contrapiso). Ainda, recomenda-se o uso

do aço (consumo energético seis vezes menor que o alumínio), apesar das questões estéticas, de corrosão e leveza.

O planejamento da logística como o dimensionamento de blocos e energia embutida pode gerar diferenças marcantes. A minimização do uso de transportes reduz as emissões atmosféricas, dispêndio de energia e custos variáveis do processo construtivo, devendo-se considerar fatores como distância dos deslocamentos, adoção de estratégias quanto ao tipo e acondicionamento de materiais (Tabela 3).

Tabela 3 - Energia embutida nos transportes de materiais básicos de construção

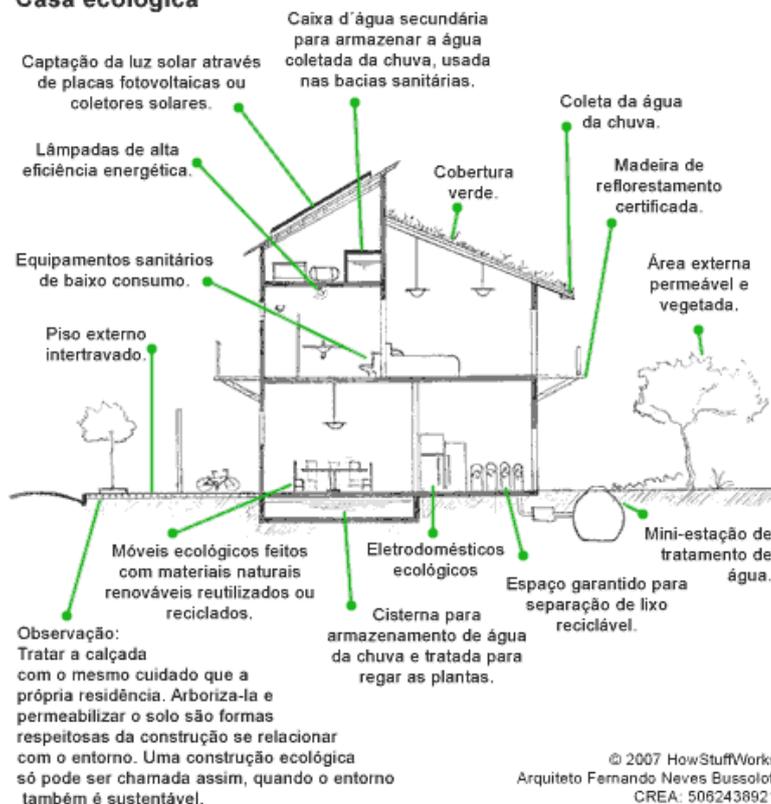
Material	Unidade	Energia (MJ)		
		Produção	Transporte (50 km)	Transporte (50 km)
Areia (sem gasto extrativo)	M ³	0,00	87,50	175
Brita	M ³	20,50	87,50	175
Blocos cerâmicos	M ³	2550	100	200
Cimento	t	5850	50	100
Aço	t	42000	50	100

Fonte: Adaptado de Nascimento (2011, p. 29 apud REDDY; JAGADISH, 2001).

A bioarquitetura desde 1960 buscou planejar e construir imóveis em harmonia local, com baixo impacto ambiental e custos operacionais reduzidos, priorizando processos sustentáveis (tijolo adobe, cimento queimado ou taipa de pilão) e matérias-primas naturais, recicláveis, de fontes renováveis e que não possam ser aproveitadas integralmente, como bambu, palhas e madeira reflorestada, ou proveniente de manejo certificado (BIOARQUITETURA, 2011a) (Figura 2).

Ainda, foi enfatizado o planejamento em longo prazo, priorizando conforto e qualidade interna, uso de mão de obra e materiais naturais locais e reciclados para construção, visando movimentar a economia local, reduzir custo de transporte, construção e emissão de poluentes. Foi priorizada a adoção de sistemas de iluminação e ventilação naturais (técnicas passivas); equipamentos de energia renovável, como painéis solares para aquecimento da água (eficiência energética); aproveitamento da água de chuva e reaproveitamento das águas residuais; uso de tecnologia de baixo custo e impacto ambiental. Além de realizar a gestão dos resíduos sólidos (reciclar, reutilizar e reduzir) e integrar transporte de massa e/ou alternativos, seguindo-se alguns exemplos de alternativas adotadas contemporaneamente.

Figura 2 - Ilustração de uma edificação usando princípios da Casa ecológica



Fonte: Bioarquitetura (2011).

No sentido de resgatar e ampliar a percepção quanto as técnicas alternativas, algumas antigas que foram readequadas e novas possibilidades com ampliação de conhecimento e inserção tecnológica, foram descritos sumariamente alguns exemplos que possibilitam eficiência e reposicionamento do processo construtivo.

1.1.1 Taipa de pilão ou terra estabilizada compactada (TEC)

A técnica construtiva de *rammed earth* (terra pilada ou taipa de pilão) (TERRASOLU, 2011), há muito vem sendo disseminada desde o Império Romano e em diversas regiões, constando diversos monumentos históricos espalhados pelo mundo. Fernandes (2004) reportou que Marco Pólo (Século XIII) ficou fascinado pelas muralhas em taipa (terra batida + folhas de palmeiras) das cidades Mongólia e China, este dentre os países orientais, foi onde a arquitetura em taipa conheceu maior diversidade e escala na construção. Constam ainda cidades e sítios em taipa e adobe no Marrocos, como as Medinas de Fez, Marrakech a cidade de Meknes e o Ksar Ait Ben Haddou.

Ainda, ressaltou que no continente latino americano o Brasil apresenta o maior patrimônio construído em taipa (técnica abandonada e recuperada), estando na base da arquitetura contemporânea brasileira, presente em diversos estados, havendo descrições (século XIX) de viajantes sobre construções nas cidades de São Paulo, Campinas, Itu, Sorocaba e Itapetininga, destacando-se o Colégio da Companhia de Jesus em Piratininga e as Casas Bandeiristas no meio rural (séculos XVII e XVIII) sendo construídas com paredes exteriores em taipa de pilão e interiores em pau a pique (PAINEL 1).

Figura 3 - Paineis 1 – Castelo (Cáceres - Espanha); b- Edificação Militar (Moura – Portugal); c- Moradia construída pós II Guerra Mundial (Müncheln – Alemanha); casas apiloadas (Tiradentes, Brasil), construídas em diversas épocas e técnicas utilizando Taipa



Fonte: Fernandes (2004, p. 3, 5 e 6).

Martins e Imbroisi (2011) descreveram que a construção de taipa é elaborada a partir de varas, galhos e cipós entrelaçados, sendo cobertos com barro, para que tivessem maior consistência à melhor resistência à chuva era misturada sangue de boi e óleo de peixe.

Podem ser usadas técnicas diferentes: i) taipa de pilão (origem árabe) consiste em comprimir a terra em formas de madeira, socado em camadas com cerca de 15 cm, sendo reduzidas à metade após o piloamento. Ao alcançar 2/3 da altura do taipal eram introduzidos transversalmente, pequenos paus roliços envolvidos em folhas, geralmente de bananeiras, produzindo orifícios cilíndricos denominados “cabodás” que permitiam o ancoramento do taipal em nova posição.

Destacaram que essa técnica é usada para formar as paredes externas e nas internas estruturais, sobrecarregadas com pavimento superior ou com madeiramento do telhado; ii) taipa de mão ou pau-a-pique caracteriza-se por uma trama de paus verticais e horizontais, equidistantes, alternadamente dispostos e fixadas verticalmente na estrutura, tendo vãos preenchidos com barro, atirado por duas pessoas simultaneamente uma de cada lado. A taipa de mão geralmente é utilizada nas paredes internas da construção.

Em Concurso (2010) a taipa de pilão foi considerada um isolante térmico e acústico, uma barreira natural contra ventos, possui longa durabilidade, sendo 100% reutilizável e de baixo consumo de energia, quando associada às novas tecnologias de moldagem e seleção dos solos, incluindo cimento (10%) como agregante. As camadas de terra podem ser de múltiplas cores, obedecendo às diretrizes de cada projeto.

Contemporaneamente, essa técnica tornou-se opção para construção de alvenarias, pois comprovadamente promove: a) conforto térmico e acústico, independente da estação do ano, sendo desnecessário de elementos de isolamento; b) qualidade ambiental interna: não necessita de nenhum tipo de acabamento, dispensando pinturas e outros produtos químicos; c) resistência a fogo e intempéries: o solo quando estabilizado com cimento adquire a consistência de blocos de pedra, conseqüentemente durabilidade; d) resistência a compressão: são estruturais, suportando diretamente o peso do telhado, com segurança; e) design exclusivo: a versatilidade e plasticidade permitem explorar formas, cores e texturas, transformando as paredes em esculturas, possibilitando um design artístico para cada trabalho; investimento/benefício: com manutenção mínima, promovem uma economia considerável no decorrer do tempo; f) sustentabilidade: a variedade de aplicações e a eficiência energética, proporcionando um ambiente saudável, com economicidade e mínimo impacto ambiental, resultante das matérias-primas de sua composição.

1.1.2 Energia fotovoltaica

Varella, Cavaliero e Silva (2008) ressaltaram que o impacto mundial dos combustíveis fósseis promoveu o reconhecimento às limitações (capacidade de oferta e impacto ambiental) das fontes energéticas e necessidade de alternativas, incrementando o desenvolvimento de sistemas de energia solar (limpa) fotovoltaica (residencial e comercial), em aplicações autônomas e conectadas à rede. Apresenta fatores limitantes como maior investimento, grande área de captação devido a baixa eficiência de conversão. Essas limitações questionadas em relação as grandes áreas inundadas (energia hidráulica) e armazenamento, por exemplo, na geração em escala comercial entre uma usina de gás natural (ciclo combinado) e células solares. Os custos de capital variam entre 5 e 15 vezes, mesmo havendo redução

nos últimos anos, estando os valores situados na faixa de US\$ 200 a US\$ 300 por megaWatt-hora e entre US\$ 3 e US\$ 7 mil por quilowatt instalado (ATLAS, 2005).

No Brasil foram promovidas iniciativas e parcerias internacionais de fomento [Agência Alemã de Cooperação Técnica (GTZ); Laboratório de Energia Renovável dos Estados Unidos (National Renewable Energy Laboratory – NREL/DOE)] (ATLAS, 2005); incentivos fiscais, projetos (MME, Eletrobrás/CEPEL e universidades) e a criação do Centro Brasileiro para Desenvolvimento de Energia Solar Fotovoltaica (CB-SOLAR) e o Programa Brasileiro de Etiquetagem, para melhoria continuada da técnica dos equipamentos pertencentes aos sistemas fotovoltaicos.

Em Atlas (2005) foi reportado que quase todas as fontes de energia são formas indiretas de energia solar, como fonte de energia térmica, para aquecimento de fluidos e ambientes e para geração de potência mecânica ou elétrica. Pode ainda ser convertida diretamente em energia elétrica, pelos efeitos da radiação (calor e luz) sobre determinados materiais, particularmente os semicondutores (efeito termoelétrico e fotovoltaico, neste, os fótons contidos na luz solar são convertidos em energia elétrica). Utilizando-se técnicas mais sofisticadas de arquitetura e construção pode-se aproveitar a iluminação natural, o calor para aquecimento de ambientes e fluidos, nestes utilizando-se: a) coletores (residências, hotéis, restaurantes, clubes, hospitais, etc.) para o aquecimento de água (higiene pessoal e lavagem de utensílios e ambientes); b) concentradores solares, com aplicações que requerem temperaturas mais elevadas, como a secagem de grãos e a produção de vapor, neste pode-se gerar energia mecânica com o auxílio de uma turbina a vapor, e, posteriormente, eletricidade, por meio de um gerador.

No Brasil vem sendo usado o aquecimento de água (Sul e Sudeste) e a geração fotovoltaica de energia elétrica (Norte e Nordeste), devido às características climáticas e em comunidades isoladas da rede de energia elétrica, respectivamente. Nesses projetos constatam-se quatro tipos de sistemas: i) bombeamento de água, para abastecimento doméstico, irrigação e piscicultura; ii) iluminação pública; iii) sistemas de uso coletivo, tais como eletrificação de escolas, postos de saúde e centros comunitários; e iv) atendimento domiciliar. Entre outros, estão às estações de telefonia e monitoramento remoto, a eletrificação de cercas, a produção de gelo e a dessalinização de água (ATLAS, 2005).

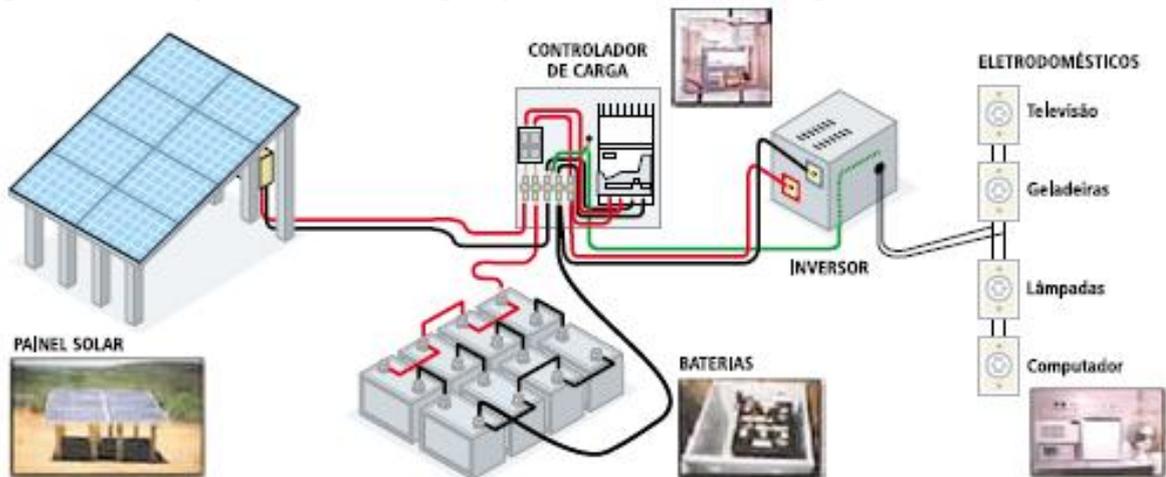
Consta no Quadro 1, como exemplo, de eficiência e custo teórico de conversão de diferentes tipos de células solares, além da ilustração de sistema de geração fotovoltaica de energia elétrica (Figura 4).

Quadro 1 - Eficiência e custo de conversão de células voltaicas

Tipo de célula	Eficiência			Custo (US\$/Wp)
	Teórica	Laboratório	Comercial	
Silício de cristal simples	30,0	24,7	12 a 14	4 a 7
Solício concentrado	27,0	28,2	13 a 15	5 a 8
Silício policristalino	25,0	19,8	11 a 13	4 a 7
Silício amorfo 17,0	13,0	4 a 7	3 a 5	-

Fonte: GREEN (2000).

Figura 4 - Ilustração de sistema de geração fotovoltaica de energia elétrica



Fonte: CRESESB (2000).

1.1.3 Iluminação a led (*Light Emitting Diode*)

A iluminação com TUBOLED® é a última geração de lâmpadas de altíssima eficiência, tendo matéria-prima 100% reciclável, podendo ser remanufaturadas, ou seja, pode ser consertada em vez de descartada como as lâmpadas convencionais (LED, 2011).

Com a utilização dessa tecnologia, foi registrada que há redução em 50% do consumo de energia, em relação às lâmpadas fluorescentes convencionais (Quadro 3). Outras características interessantes é que apresenta a vida útil de 50 mil horas, sem reatores, não emitem calor dos raios UV e IV, não atraem insetos, são seguras e com alta resistência, conforme estimativa no período de cinco anos (Quadro 2).

Quadro 2 - Consumo da lâmpada LED em comparação com a convencional

CONTAS NO CLARO

Eis os gastos estimados, ao longo de cinco anos, para uma casa com vinte pontos de luz e utilização média de dez lâmpadas acesas durante seis horas

	Incandescente 	LED 
Investimento inicial com lâmpadas	R\$ 36	R\$ 1500
Potência média de consumo das lâmpadas	60 W	8 W
Consumo de energia	6480 kWh	1 080 kWh
Lâmpadas trocadas	110	zero
Gasto com energia	R\$ 2 628	R\$ 345
Gasto com lâmpadas	R\$ 195	zero
Total	R\$ 2 859	R\$ 1 845

* Inclui os reatores

Fonte: LED (2011).

1.1.4 Madeira Plástica

Denominada internacionalmente como *Wood Plastic Composite* (WPC), a madeira plástica ou sintética, utilizada na confecção de peças, placas, vigas, tarugos, palanques e tábuas, sendo composta por uma massa obtida através do processamento de plástico PEBD (Polietileno de Baixa Densidade) – que são descartados em aterros sanitários - e materiais de celulose (serragem que atualmente é queimada), onde através de moldagem “a quente” por pressão hidráulica, obtém-se após o resfriamento a peça pronta. Algumas marcas comerciais já apresentam algum tipo de certificado de algum órgão regulador (MADEIRA, 2011a).

O crescente aumento dos resíduos plásticos aliado à necessidade de evitar-se a devastação de florestas nativas promoveu o desenvolvimento em linha industrial desse composto com densidade uniforme a partir da reciclagem de plásticos de diferentes tipos, carga orgânica e pigmento. Concernente aos aspectos ambientais e ecológicos reduz utilização de madeiras naturais, evitando o corte de árvores e preservando as florestas. Ainda, recicla resíduos industriais destinando e evitando descartes em lixões, tais como: plásticos diversos, cascas de cereais, serragem, bagaço de cana-de-açúcar, carbonatos, gesso, fibra de vidro, couro, pelos, penas, borrachas, silicones, dentre outros.

Esse material substitui com vantagens a madeira natural, uma vez que não sofre deterioração, não sofre ataque de pragas e ação do tempo. Usada em áreas

externas, com baixa exigência de manutenção, não necessita de pintura, sendo uma solução estética diferenciada, eficiente e sustentável. Apresenta temperatura e densidade semelhante ao Ipê (próxima à da água, ou seja, 1000 kg/m³), com textura ideal (evita-se lixamento) para áreas externas molhadas, evitando derrapagens e escorregões. Como material pigmentado em sete diferentes cores (amendoim eucalipto, champanhe, massaranduba, pau brasil, tabaco e ébano), não necessita ser pintada, reduzindo manutenção, custo e consumo de outros materiais (PERGUNTAS, 2011).

Utilizadas em decks, piers, pontes e como outros assoalhos, brises (quebra-sol) e bandejas de luz, bancos e mesas, guarda-corpos, revestimento de fachadas e paredes, lixeiras, protetor de árvores, dentre outros. Dentre as marcas comerciais, por exemplo, apresentam perfis de comprimento (3.000-6.000 mm) e espessura e largura (25 x 100; 25 x 150; 25 x 200; 30 x 140; 30 x 200; 38 x 85; 65 x 65; 75 x 75; 85 x 85 mm) (MADEIRA, 2011b).

O produto obtido apresenta as características da madeira comum, porém é resistente a abrasão e tráfego intenso, produtos químicos, como cloro, solventes e permite limpeza com água e sabão, detergente industrial ou doméstico, além de não absorver umidade (não encharca, não dilata, pode ser enterrada, maior aderência à fixação e baixa oxidação pelo encapsulamento do metal fixado). Permite a limpeza adequada e garante uma significativa redução de micro-organismos ou mesmo a esterilização química, pois não possui porosidades que abriguem micro-organismos e umidade. Apresenta baixa degradabilidade pelas bactérias, mofo e fungos, insetos (como os cupins) e outros animais roedores e aves (PERGUNTAS, 2011).

Ainda, foi reportado que não forma farpas (corte, fratura, abrasão ou envelhecimento), tampouco rachaduras quando inseridas fixações (pregos ou cunhas), pois não apresenta a orientação de fibras que possui a madeira. Possui estabilidade estrutural e química quando exposta, não empenando nem encurvando pelo secamento ou envelhecimento. Quando desmontada e remontada não compromete o acabamento, podendo ser trabalhada com limites como o aplainamento e a fresagem, com ferramentas idênticas às usadas para os trabalhos em madeira e com maior facilidade e rapidez com ferramentas elétricas de alta rotação.

O tubo de creme dental após o uso não havia interessados em reciclá-los, assim na última década foram desenvolvidas as telhas e placas com tubo de pasta,

resultante do processo de limpeza, secagem e trituração dos tubos (plástico ou plástico com alumínio), produzindo, sem nenhum aditivo químico para aglutinar, um material 100% reciclado (25% alumínio e 75% plástico). Apresenta diferenciais competitivos como redução em 25% do calor no verão, é mais leve o que acarreta economia no transporte das telhas, permite uma estrutura de sustentação do telhado menos robusta e demonstra grande resistência, inclusive a granizo (COUTINHO, 2011).

As especificações dessa telha, com fácil fixação e suporte de 150 Kg/m², são: peso (13,0 Kg); área útil (1,66 m²); altura da onda (5,5 cm); espessura média (6,0 mm); inclinação mínima (5 graus); dimensão original (2,20 X 0,90 m); dimensão remontada (2,10 X 0,79 m); número de apoios (3, nas extremidades e no centro). Apresenta resistência à luz solar, isolamento térmico, sendo inodora e não propaga chamas, com alta resistência a umidade e agentes químicos. Os fabricantes têm divulgado como vantagens competitivas o custo acessível, sendo menor que as telhas metálicas, a substituição do amianto com menor risco a saúde de quem produz ou manipula, ainda reduzindo 40% do madeiramento e promovendo melhoria acústica e térmica (MASSAFERA e cols., 2011).

1.1.5 Telhado Verde; Piso de Bambu e Rodapé

Técnica construtiva que consiste na aplicação de substrato e vegetação sobre uma camada impermeável, geralmente instalada na cobertura de qualquer tipo de edificação substituindo as telhas. Apresentam como vantagens: propiciar o isolamento termo acústico, com diferencial estético e funcional, pela diminuição das ilhas de calor nas cidades; captura de gases de efeito estufa, sequestro de carbono e escoamento da água da chuva (*runoff*), reduzindo a contribuição aos processos de inundações (TELHADO, 2011).

Os bambus com cerca de 60 gêneros e 600-700 espécies ocorrem naturalmente em todos os continentes, com exceção da Europa, constituindo-se em matéria-prima de elevada importância particularmente nos países asiáticos. No Brasil, dentre as espécies comerciais introduzidas destaca-se *Bambusa vulgaris*, utilizada nos programas de reflorestamento, principalmente no nordeste do país, ocupando cerca de 35.000 - 40.000 ha para a produção de celulose de fibra longa. Os colmos de bambu apresentam outras aplicações rurais, além de possuir

características de rápido crescimento em solos declivosos e pobres, são eficientes no controle da erosão (TOMAZELLO FILHO; AZZINI, 1987).

São importantes Produtos Florestais Não Madeiráveis (PFNM) de agricultura de subsistência e estão associados a diversas necessidades comerciais, econômicas, sociais e ambientais. Botanicamente pertencentes à família *Poaceae*, subfamília *Bambusoideae*, ocorrem em todos os continentes, exceto no Europeu. Apesar da grande diversidade de bambus e/ou taquaras existentes no Brasil, há demanda para avaliar todas as suas potencialidades, sendo um dos recursos naturais mais renováveis e abundantes do planeta (SCHWARZBACH, 2008).

Algumas variedades especialmente cultivadas e industrializadas propiciam um piso de extrema beleza e aparência similar ao madeiramento, com adição de isolamento e fácil instalação, apresentando durabilidade e dureza superior ao Eucalipto e Jatobá, respectivamente (POR QUE BAMBU, 2011).

Os rodapés alternativos são fabricados a partir da reciclagem de resíduos do poliestireno (ISOPOR®), comuns em embalagens de eletrônicos e eletrodomésticos, pelo processo de extrusão, formatando o produto e posterior acabamento. Apresentam resistência à ação da umidade, cupins e não geram nenhum tipo de resíduo no processamento (CASTELLANI e cols., 2008).

2 ESTRUTURA METÁLICA: MARCOS HISTÓRICOS, CARACTERIZAÇÃO E APLICABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Em Cronologia (2013) constou que os vestígios do homem na Terra são marcados por armas, por instrumentos ou pelo resultado da ação do fogo. Com o desaparecimento de animais ferozes, os homens estabeleceram-se fora das grutas e cavernas, praticando a agricultura de subsistência e domesticando animais, marcando o Período Neolítico ou Nova Idade da Pedra. Iniciaram nossa civilização, aperfeiçoando técnicas primitivas para suprir necessidades variadas, seguindo-se gradualmente à Idade dos Metais, sendo o cobre empregado no Oriente Médio (5.000 a.C.), concomitantemente no Egito. Provavelmente, descoberto por acaso, quando uma fogueira feita sobre pedras que continham minério cúprico, estavam derretendo. Na forma pura não apresentava resistência para confeccionar instrumentos e armas úteis.

Ainda, constou que do 4º ao 3º milênio, as técnicas de fusão e modelagem foram se sofisticando quando surgiu a primeira liga de cobre arsênico, composto venenoso que teria que ser substituído. Seguiu-se a descoberta da adição ao cobre de pequena proporção de estanho, formando uma liga mais dura e útil que o cobre puro

O bronze é posterior, havendo registros (Oriente; 4.000 a.C.) e no Egeu, não surgindo no mediterrâneo ocidental antes de 3.000 a.C. Entre 3.000 e 2.200 a.C. - época contemporânea dos sumérios e do antigo império egípcio, povos que ocupavam Creta e as Cíclades. Florescentes manufaturas de metal existiam em Creta por volta de 2.500 a.C., nas Cíclades e na parte meridional do continente. A procura dos minérios foi a causa de muitas expedições guerreiras e de inúmeras rotas comerciais que favoreceram as mais diversas trocas (CRONOLOGIA, 2013).

A descoberta do bronze possibilitou a modelagem de novos e melhores utensílios (vasos, serras, espadas, escudos, machados, trombetas, sinos e outros). Concomitantemente, o homem aprendeu a fundir ouro, prata e chumbo. Ainda, foi reportado que a origem da metalurgia é desconhecida. Com efeito, a forja põe em jogo as percussões (martelo), o fogo (fornalha), a água (têmpera), o ar (fole) e os princípios da alavanca. Devido a raridade dos metais somente forjava-se armas, os utensílios continuavam de pedra ou madeira, até contemporaneamente. O cobre, bronze e ferro não suplantaram radicalmente a pedra.

A agricultura permitiu a fixação do homem e reunião de conglomerados de famílias, promovendo a evolução de foices de madeira ou barro com dentes de sílex para foices metálicas, empregadas na ceifa. Foi um marco a civilização grega com suas invenções, com aplicações sistemáticas de conhecimento técnico, como os povos do Egito, Mesopotâmia, Índia e China, os quais promoveram desenvolvimento às técnicas antigas e novas, destacando-se o emprego da metalurgia do ferro. Há registros de outras civilizações na América (México e regiões da América Central).

Os povos da região andina central descobriram como trabalhar ouro, prata e cobre, usando como utensílios e joias. Na civilização Inca, foi encontrada caracterização de cabeça de felino, usada na decoração e trabalhos em metal, como soldagem de ouro fino martelado, ornamentos e pontas de lança de cobre, trabalhos com prata e preparação de fusões. A fundição com cera também era conhecida (CRONOLOGIA, 2013).

Na referida citação, constou que apenas cerca de 2.000 anos após a descoberta do cobre e do bronze, o ferro passou a ser usado. Esse novo metal já era conhecido no segundo milênio a.C., mas por longo tempo permaneceu raro e dispendioso, com o uso estabelecido na Europa por volta de 500 a.C. Que marca a era da história escrita e o princípio da história da civilização. O vestígio mais remoto deste metal é um conjunto de quatro esferas de ferro, datadas de 4000 a.C., encontradas em El-Gezivat, no Egito. Por volta de 1500 a.C., havia exploração regular de minério no oriente próximo e os hititas são citados, na tradição grega, como o povo dominador das terras e da técnica de obtenção e fabrico de instrumentos de ferro.

2.1 HISTÓRICO DO AÇO NO BRASIL

Segundo Góes e Saavedra (2013), na década de 60, o Brasil era um 'fazendão' com exportações anuais de US\$ 1 bilhão (café, açúcar e cacau), pela inexpressividade em exportação, havia dificuldade de estabelecer contratos de longo prazo. Em 1962, a Companhia Vale do Rio Doce, iniciou a construção do porto de Tubarão (ES), estabelecendo uma ponte internacional dessa mineradora, firmando um contrato com 11 usinas japonesas de aço, além da construção de três grandes portos no Japão (calado para navios acima de 100 mil toneladas). Não havia *ship design*, nem aço para embarcações deste porte, assim suprindo interesses

bilaterais, seja pelo excesso deste minério no Brasil e o Japão precisando reativar a indústria siderúrgica, esfacelada pela II Guerra e contrariando a Europa e Estados Unidos.

Destacaram que o aço não tinha valor comercial, mais havia possibilidade logística de transformar a distância (Brasil-Japão-Brasil) em negócio rentável, pelo contrato de cinco milhões t/ano, durante 15 anos. Sem o empréstimo norte-americano do Eximbank para construir o porto de Tubarão, Eliezer Batista (visão estratégica e o saber do engenheiro) conseguiu convencer o ministro da Fazenda, Santiago Dantas, sendo toda obra (concluída em 1966) financiada pelo governo brasileiro, que percebeu a importância da exportação. Fortalecida a relação de confiança nipo-brasileira, foi desencadeada uma série de investimentos japoneses, como a construção da Companhia Siderúrgica de Tubarão (CST), a instalação de usinas de pelotização (exemplo de parceria entre a Mineração Serra Geral e Kawasaki), Albrás, Alunorte (alumínio) e Cenibra (celulose). Este marco mudou a concepção de navios graneleiros, os quais demandavam versatilidade ao levar minério e trazer petróleo do Golfo Pérsico, promovendo desdobramentos com navios graneleiros-petroleiros, onde a Docenave teve a maior frota mundial.

Eliezer Batista iniciou outro grande projeto da Vale estatal, Carajás (PA), mina descoberta pela *United States Steel*, com reservas gigantescas de minério de ferro, oportunizando ao Brasil influenciar na formação de preços no mercado mundial. Conseguiu apoio de Robert MacNamara (Banco Mundial), do KfW (Banco Alemão de Desenvolvimento) e da Comunidade Européia, com empréstimo de US\$ 600 milhões (cinco anos de carência e juros fixos de 5% ao ano; Itaipu pagava 17% de juros flutuantes), considerado como projeto pioneiro de desenvolvimento sustentável na Amazônia, desvirtualizado da concepção original (GÓES; SAAVEDRA, 2013).

2.2 SIDERURGIA NO BRASIL (1952-1989)

Consta no Quadro 3 uma descrição sumarizada da evolução cronológica na siderurgia brasileira, no período entre 1557-1989. No Gráfico 4 e Tabela 4 observa-se o desempenho, produção e investimentos do mercado siderúrgico brasileiro no período 1952-73. Observa-se o crescimento marcante da produção (taxa média de 10,6%, atingindo 11,2% entre 1957-63), certa instabilidade nas importações, com crescimento ao final deste período e após 1964, com grande evolução do consumo

interno. Foi reportado que em 1963, o apoio ao setor siderúrgico chegou a consumir 85% dos recursos do BNDES, com cerca de 58% sendo destinados à siderurgia (1958-1967). Entre 1952-1973, 26,2% dos desembolsos totais foram à siderurgia, representando 53,1% dos investimentos setoriais.

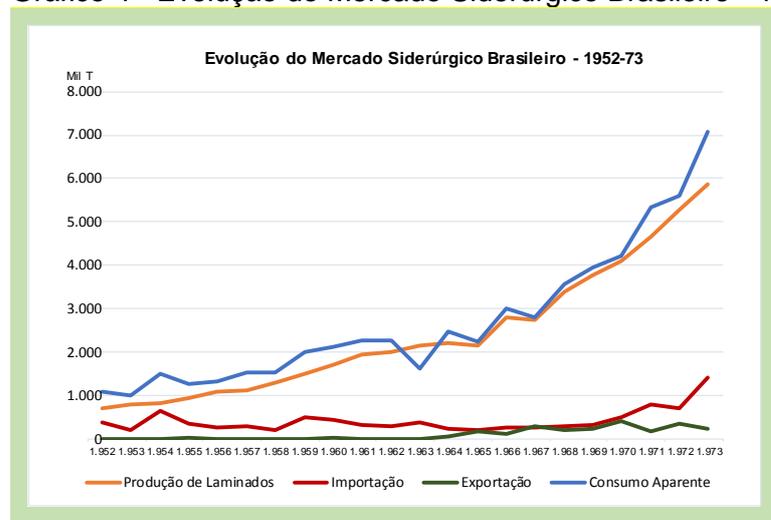
Quadro 3 - Cronologia sumarizada da Siderurgia Brasileira entre 1557-1989

Ano	Marco
1557 – SP	Instalação por Afonso Sardinha de pequena produtora de ferro;
1814 – MG	Manuel Ferreira da Câmara Bethencourt e Sá (Intendente Câmara = Intendente Geral das Minas e dos Diamantes), construtor do primeiro alto-forno para a produção de ferro na América do Sul, pela implantação da Real Fábrica de Ferro do Morro do Pilar ou de Gaspar Soares; Trouxe mestres e operários estrangeiros especializados na fabricação, moldagem e fundição de ferro; baixar em quatro vezes o custo do ferro (MG); autorização para estrada de escoamento da produção ligando a fábrica ao Rio Santo Antônio, afluente do Rio Doce; Na Corte, o intendente Câmara lutou pela independência do Brasil; como deputado constituinte (1823), preocupado com a riqueza mineral do solo brasileiro, foi autor da emenda que dizia: “É patrimônio da Nação tudo quanto a terra encerra de precioso, e ninguém o poderá extrair sem seu expresso consentimento, e debaixo das condições que a lei determina.”
1917 – MG	Companhia Siderúrgica Mineira (consórcio belgo-luxemburguês Arbed + empresários locais);
1921 – MG	Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira (consórcio belgo-luxemburguês Arbed + empresários locais), instalando (1939) a usina de Monlevade (à época maior siderúrgica integrada a carvão vegetal do mundo), atingindo em 1943 100 mil toneladas/ano [arame farpado (70%) e trilhos (30%)];
1942 – ES	Companhia Ferro e Aço de Vitória (COFAVI) iniciou com alto-forno, transformou-se em relaminadora; final anos 50 foi controlada pelo BNDES, com participação minoritária da FerroStaal (alemã), com assistência técnica;
1946 – RJ	Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), em Volta Redonda, maior (América Latina) usina produtora de aço integrada a coque. Pioneira em produtos planos, laminados (quente e frio) e revestidos (chapas galvanizadas; folhas-de-flandres).
1951 – MG	Aços Especiais Itabira (ACESITA), controlada pelo Banco do Brasil, direcionou-se à produção de aços especiais,
1952 – MG	Companhia Siderúrgica Mannesmann, subsidiária da empresa alemã; operação 1º forno elétrico de redução de minério de ferro, produzindo tubos com e sem costura;
1952	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico (BNDE), que desde 1982 tornou-se Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), impulso estratégico governamental (base em diagnósticos da Comissão Mista BR-EUA), à siderurgia brasileira; em 1953, apoiou a ampliação da Belgo-Mineira, que até 1962 não havia restrição legal ao financiamento às empresas estrangeiras (Lei 4131 - Remessa de Lucros), após em caráter de excepcionalidade; Resolução 746/1991: fomento para empresas estrangeiras apenas utilizando-se recursos externos; Decreto 2.233/97: sendo de interesse brasileiro, as empresas estrangeiras foram equiparadas às nacionais para fins de apoio financeiro com recursos ordinários do BNDES;
1955	Conselho de Desenvolvimento da Presidência da República: atingir produção de 2,4 milhões de toneladas/ano de laminados em 1960, num acréscimo de 1,4 milhão de toneladas/ano sobre a produção de 1954. Considerava-se um investimento médio de US\$ 300/tonelada, demandando US\$ 420 milhões para meta (1960).
1956 – SP	Companhia Siderúrgica Paulista (COSIPA), em Cubatão; participação acionária BNDES mais recursos de SP; em 08/08/1957 subscrição de aumento de capital (US\$ 10,5 milhões), sendo subscrições de capital dos Tesouros Nacional e Estadual (US\$ 28,6 milhões, cada). Após 12 anos, o Banco controlava do capital 58,2%, contra 23,3% (SP), 6,7% (Tesouro) e 11,8% (companhias mistas e grupos privados). O BNDES deteve o controle acionário no período 68-75, assumindo a SIDERBRÁS.
1956 – MG	Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais (USIMINAS): capitais privados nacionais; em 1957, participação de 40% (consórcio empresas japonesas); BNDES aportou capital em complemento ao governo estadual; 1962, início operação do alto-forno 1, BNDES detinha 24,6% do capital ordinário; MG (23,9%), a Nippon Usiminas (40%), (CVRD (9%), outros acionistas (2,5%); BNDES tornou-se acionista majoritário, com investimento total de US\$ 2,6 bilhões.
1963	Instituto Brasileiro de Siderurgia (IBS) congregou e representou as empresas produtoras de aço;
1968	Conselho Consultivo da Indústria Siderúrgica (CONSIDER): participação de Ministérios da área econômica e presidentes do BNDES e IBS, para estabelecer políticas setoriais e implementar as propostas do Grupo Consultivo da Indústria Siderúrgica (GCIS), criado 1967. Em 1970, o CONSIDER se transformou em conselho deliberativo (Conselho Nacional da Indústria Siderúrgica), tornando-se (1974) Conselho de Não-Ferrosos e Siderurgia.
1971	Plano Siderúrgico Nacional: expandir a produção brasileira de aço (1970/80) de 6 para 20 milhões de toneladas/ano; as usinas de aços planos e perfis médios e pesados permaneceriam sob controle do governo; à iniciativa privada produziria laminados longos e perfis leves; 20% da capacidade atenderia as exportações e picos de demanda interna;
1972	Resolução 15/72 (CONSIDER): regulação segmento de longos, orienta a implantação de usinas de grande porte (mínimo de 1 milhão de toneladas/ano), tendo altos-fornos de dimensões compatíveis (substituição por coque); vedava a expansão de usinas à base de sucata, pela escassez de material. Resoluções 48 e 57/1976: admitiu expansão à base de sucata e implantação de altos-fornos de carvão vegetal; Diretrizes compartilhadas/norteadoras BNDES; Brasil tornou-se 17º produtor de aço (1% do total produzido no mundo) destacando-se estatais (CSN, Usiminas e Cosipa), mais de 50% da produção nacional;
1973 – BA	Usina Siderúrgica da Bahia (USIBA), em Simões Filho; 1ª usina integrada com processo de redução direta de minérios a gás natural;
1973 – RS	Aços Finos Piratini, em Charqueada, com processo de redução direta; em 1990, com problemas técnico-econômicos desativaria a unidade de redução direta.

Ano	Marco
1974	Siderurgia Brasileira SA (Siderbrás): holding estatal; controle e coordenação da produção siderúrgica estatal; controle acionário das empresas setoriais controladas pelo BNDES [73% (Usiminas); 87% (Cosipa); 93% (Cofavi), perfazendo 19% do patrimônio líquido do Banco]; O BNDES adaptou sua atuação à necessidade de capitalizar empresas nacionais, criando três subsidiárias: Insumos Básicos SA (Fibase), Mecânica Brasileira SA (Embramec) e Investimentos Brasileiros SA (Ibrasa), fundadas (1982) na BNDES Participações SA (BNDESpar). À Fibase cabia o aporte de capital ao setor siderúrgico (participação temporária, minoritária e incentivadora do mercado de capitais). No período 74-89 foi financiado (estágios I, II e III): três grandes usinas estatais integradas a coque (CSN, Usiminas e Cosipa). O apoio ao setor siderúrgico esteve consoante as políticas operacionais do sistema, com condições semelhantes às dos demais setores da economia, descaracterizando-se toda menção de subsídio.
1975 – RS	1º financiamento BNDES ao Grupo Gerdau (Empresa Siderúrgica Rio Grandense) à instalação do laminador em Sapucaia do Sul = 35% do investimento total (CR\$ 85 milhões).
1979	Aprovação de diretrizes gerais de atuação do Sistema BNDES ao setor siderúrgico, conforme Sistema de Planejamento Integrado (SPI): apoio às empresas de efetivo controle nacional, com execução por firmas brasileiras e assistência técnica estrangeira (equipamentos com 80% de conteúdo local = desenvolvimento de tecnologia nacional, reorganização administrativa e fortalecimento da estrutura financeira das empresas), para atendimento previsto a demanda de 17,7 milhões/t (1982) e 26,5 milhões/t (1986), admitindo-se a exportação de excedentes. Não havia apoio à implantação à exportação (cenário recessivo internacional de aço).
1980 ^a	Capacidade instalada de aço bruto 16,4 milhões de t/ano (82% do previsto no Plano Siderúrgico Nacional – 1971). As empresas estatais mantiveram capital fechado, exceto Acesita (única produtora de aço inoxidável, com ações em Bolsa e acionista majoritário o Banco do Brasil). As empresas privadas (nacionais, estrangeiras e de capital misto) mantiveram capital aberto e bom desempenho na Bolsa (décadas 70 e 80): Belgo-Mineira (misto), Mannesmann (estrangeira), Grupo Gerdau, Aços Villares e a Siderúrgica Pains (nacional). Operação de usinas integradas a coque (Siderbrás) produtoras de semiacabados [CST, Vitória (ES); 3 milhões t/ano; Açominas, Ouro Branco (MG); 2 milhões t/ano], apoiadas pela Agência Especial de Financiamento Industrial (Finame), criada em 1964 para financiar máquinas e equipamentos. A CST (Siderbrás, 51%; Kawasaki Steel/Japão, 24,5%; Finsider, 24,5%) foi modificada com investimento estrangeiro (restrito a 10 e 26% do total e votante, respectivamente); a semi-integrada Mendes Júnior, [inaugurada 1984: 49% (Siderbrás); 480 mil t/ano (aciaria) e 720 mil t/ano (laminação)].
1980b	“Década perdida”: crise da dívida externa e declínio da demanda interna por aço = estratégia de exportação com menor retorno, garantindo colocação no mercado internacional e manutenção da produção. Os lucros/investimentos decrementaram (menor disponibilidade de crédito externo, baixos preços externos/internos – controle de preços, da política de combate à inflação).
1988 ^a	Extinção Consider; Siderbrás com graves problemas financeiros, Resolução 1469 (Banco Central), como empresa pública, ficou impedida de obter financiamentos BNDES; crise Estado tamponou investimentos de modernização do parque industrial, distanciando-o dos padrões internacionais de qualidade, produtividade e competitividade. O parâmetro de queda nos investimentos na siderurgia passou de US\$ 2,3 bilhões anuais (80-83) para US\$ 500 milhões (84-89), ocorrendo produção muito pulverizada, princípio de autossuficiência a qualquer custo e certa vulnerabilidade, iniciando-se a globalização de mercado, implicando na abertura do mercado e agilização de processos, em contrapartida ao controle estatal, com decisões políticas redutoras de liberdade e velocidade de resposta exigidas pelo cenário;
1988b	Processo mundial de privatização na siderurgia, constantes e profundas transformações setoriais; Plano de Saneamento do Sistema Siderbrás, com privatizações de menor porte e retorno setor privado das empresas estatizadas, principalmente as produtoras de aços longos, absorvidas pela Gerdau e Villares; representou desmobilização de ativos do BNDES (leilão das empresas controladas e assessoria à Siderbrás para venda daquelas da holding estatal).

Fonte: Adaptado de Setor Siderúrgico (2013); Lara (2008).

Gráfico 4 - Evolução do Mercado Siderúrgico Brasileiro - 1952-73



Fonte: Adaptado de Setor Siderúrgico (2013).

Tabela 4 - Siderurgia - Desembolsos efetuados pelo Sistema BNDES - 1952-73

Ano	Total BNDES R\$ milhões	BNDES Siderurgia R\$ milhões	%	Total BNDES US\$ milhões	BNDES Sisderurgia US\$ milhões	Investimento Setor US\$ milhões	BNDES / Setor %
1952-57	1.505	69	4,6	128	6	15	40,0
1958	617	219	35,5	39	14	31	45,2
1959	644	46	7,1	51	4	8	50,0
1960	606	449	74,0	51	38	76	50,0
1961	395	89	22,6	32	7	13	54,0
1962	1.326	815	61,4	113	69	107	64,5
1963	871	742	85,2	87	74	101	73,3
1964	692	516	74,5	59	44	57	77,2
1965	1.242	900	72,4	114	83	97	65,6
1966	1.391	678	48,8	150	73	91	80,2
1967	1.425	548	38,5	164	63	84	75,0
1968	1.225	176	14,4	136	20	28	71,4
1969	225	340	15,1	252	38	39	64,4
1970	2.626	275	10,5	313	33	60	55,0
1971	3.439	595	17,3	429	74	165	45,0
1972	4.839	566	11,7	630	74	250	29,6
1973	6.022	1.137	18,9	874	165	412	40,0
1952-73	31.115	8.159	26,2	3.622	878	1.652	53,1

Fonte: Adaptado de Setor Siderúrgico (2013).

Tabela 5 - Plano de Saneamento do Sistema Siderbrás

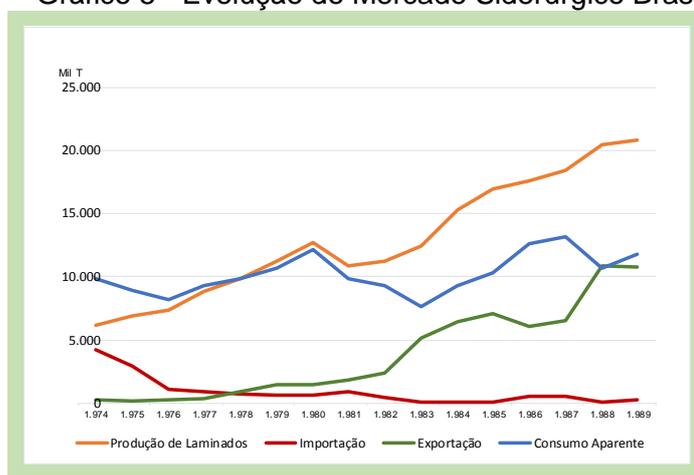
Empresa	Venda	Controle Anterior	Adquirente
Aparecida	jul. 88	BNDES, Thomaz	Vilares
COSIM	set. 88	Siderbrás	Duferco
CIMETAL	nov. 88	BNDES, BNB, BDMG	Gerdau e outros
COFAVI	jul. 89	Siderbrás	Duferco
USIBA	out. 89	Siderbrás	Gerdau

Fonte: Adaptado de Setor Siderúrgico (2013).

No período entre 1974-89 o desempenho do mercado siderúrgico brasileiro apresentou consumo interno com fases alternadas seja pelo incremento acentuado da produção [25 milhões de toneladas (1989), 58% (produção latino-americana) e 3,2% da mundial (780 milhões de t/ano)] ou pelo decréscimo marcante das importações ou ampliação das exportações com queda de valores. No referido período, o Sistema BNDES nos estágios II e III de expansão do parque desembolsou cerca de US\$ 23 bilhões, reduzindo o investimento (média de 18,7% contra 26,2%), representando 27,9% (contra 53,1%) dos investimentos totais do

setor siderúrgico, em relação ao período de 1952-73. Na década de 80 houve apoio setorial pela substituição de passivos onerosos. Em 1989, estando a Siderbrás impedida de financiamentos do BNDES, ocorreu redução expressiva de apoio (Gráfico 5; Tabela 5).

Gráfico 5 - Evolução do Mercado Siderúrgico Brasileiro - 1974-89



Fonte: Adaptado de Setor Siderúrgico (2013).

Tabela 6 - Siderurgia - Desembolsos efetuados pelo Sistema BNDES 1974-89

Ano	Total BNDES R\$ milhões	BNDES Siderurgia R\$ milhões	%	Total BNDES US\$ milhões	BNDES Siderurgia US\$ milhões	Investimento Setor US\$ milhões	BNDES / Setor %
1974	9.783	2.044	20,9	1.638	250	929	26,9
1975	15.286	2.872	18,8	2.734	375	1.252	30,0
1976	15.781	1.588	10,1	3.020	222	1.243	17,9
1977	16.665	1.844	11,1	3.456	278	1.607	17,3
1978	18.022	2.455	13,6	4.052	403	2.269	17,8
1979	17.712	2.159	12,2	4.163	370	3.090	12,0
1980	13.875	4.459	32,1	3.329	780	2.713	28,7
1981	10.895	3.023	27,2	3.102	628	1.892	21,8
1982	13.983	4.521	32,3	4.004	1.022	2.224	45,9
1983	16.258	4.366	26,9	3.653	797	1.521	52,4
1984	14.430	3.372	23,4	3.277	323	509	63,5
1985	13.437	2.438	18,1	3.006	216	474	45,6
1986	14.170	2.663	18,8	3.500	246	548	45,0
1987	15.390	1.511	9,8	4.267	164	365	44,9
1988	12.983	2.249	17,3	4.129	218	524	41,6
1989	7.934	771	9,7	3.156	58	601	9,7
1974-89	226.606	42.323	18,7	54.486	6.350	22.751	27,9

Consta no Quadro 4 os marcos históricos e cronológicos quanto ao uso de estrutura metálica no mundo, no período entre 1720-1930. Como fatores históricos ressalta-se a quase exclusividade de empregabilidade do ferro na estruturação de

pontes, tendo a revolução industrial desencadeando o uso do aço, exceto para residências. No final do século XIX ocorreu o encarecimento da matéria-prima e mão-de-obra para estruturas de madeira, além da prevenção regulatória contra incêndios e vãos maiores para aproveitamento de espaço.

Quadro 4 - Registros históricos do uso de estrutura metálica

Ano	Ocorrência
1720	Ferro por fundição (coque); produção de ferro de primeira fusão em grandes massas
1779	Primeira obra importante de ferro, ponte sobre o Severn em Coalbrookdale, na Inglaterra, projetada por Abraham Darby com vão de 30,0 m.
1784	Aperfeiçoamento fornos para conversão de ferro (1ª fusão em forjável)
1801	Primeiro edifício industrial em ferro em Manchester
1830	Laminação de chapa de ferro dos primeiros trilhos de trem
1850	Alcançou-se 300,0 m de vão utilizando-se cabos em ponte
1851	Uso do ferro em grandes coberturas (naves); Palácio de Cristal em Londres, projetado por Joseph Paxton.
1852	Estações ferroviárias de Paddington (Londres).
1853	Mercado Central do Halles (Paris).
1854	Laminação dos primeiros perfis I sendo feita a primeira normalização de um material utilizado na construção civil.
1855	Primeira ponte de grande vão com vigas
1862	Estações ferroviárias do Norte (Paris)
1864	Introdução do forno Siemens-Martin para produção de aço.
1865	Reinaugura em ferro, recebendo nova denominação: "Ponte 7 de Setembro" (Recife)
1866	Construção de uma cobertura em Londres com 78,0 m em vão.
1868/74	Ponte em aço (Rio Mississipi em St. Louis), projetada por Eads: três arcos treliçados (maior 159,0 m em vão).
1875	Palácio de Cristal (Petrópolis).
1879	Edifício Leiter I, construído pela "Escola de Chicago".
1883	Ponte de Brooklyn (New York), pensil com 487m em vão.
1890	Ponte sobre o "Firth of Forth" (Escócia) em balanço duplo treliçado, com vão central de 521m.
1894	Edifício Reliance construído pela "Escola de Chicago".
1901	Estação da Luz (São Paulo); Mercado do Ver-O-Peso (Belém); Estação Ferroviária de Bananal (Bananal).
1910	Teatro José de Alencar (Fortaleza).
1910/13	Viaduto Santa Efigênia construído com estrutura belga, com 225m de comprimento vencidos por três arcos
1917	Reinaugurada "Ponte Maurício de Nassau", homenageando o construtor da primeira ponte do Brasil, Recife (1644)
1930	Edifício Chrysler e o Empire State (110 andares) ambos em Nova York.

Fonte: Freire (2013).

Foram destacados alguns registros ampliados, como o incêndio em 1871, que Chicago (EUA) foi quase totalmente destruída, sendo reerguida com a chegada das estradas de ferro e transformada em mercado mundial de trigo, alimentação, máquinas e ferramentas, tendo que suprir rapidamente às demandas de expansão a verticalização com estrutura metálica, pelos fatores de resistência estrutural, segurança ao fogo e ampliação de vãos. Tornou-se recorrente (1895), sendo catapultada pela invenção de E.G. Otis, batizada por elevador.

Ainda, na Europa a França e Inglaterra promoveram avanços no uso de ferro e aço, destacando-se as pontes de Gustave Eiffel, que criou a Torre Eiffel, para participação numa das exposições (1889) de tecnologia em Paris, causando polêmica e possibilitando outras obras, como um arco tri-articulado de 110m de vão na Galeria das Máquinas em Paris. A chegada da 1ª Grande Guerra trouxe retrocesso, oportunizando o desenvolvimento dos conceitos para uso de concreto armado, sendo precursores Perret e Garnier. Le Corbusier manteve a estrutura metálica viva e competitiva na Europa.

Ressalta-se que n Brasil, após o advento da 2ª Grande Guerra Mundial e com construção da Usina de Volta Redonda (RJ), de fato foi implantada a Indústria Siderúrgica, sendo marcos (décadas de 50/60) construtivos em aço, o Edifício Avenida Central (RJ), com 34 andares e o Viaduto Rodoviário sobre a BR-116, em Volta Redonda (RJ). Ferraz (2013) reportou sobre o uso tardio uso do ferro e aço, como decorrência das do processo com altos fornos ser oneroso, dificultando tanto a popularização quanto a comercialização, apesar da grande disponibilidade brasileira do minério de ferro.

2.3 ESPECIFICIDADES/PROPRIEDADES DO AÇO

A transformação do minério de ferro em aço comercial é obtido pelo processo químico de Redução do óxido de ferro (FeO), que é aquecido em altos fornos na presença de carbono (sob a forma de coque ou carvão vegetal) e de fundentes (produção de escória, formada de materiais indesejáveis ao processo de fabricação), minimizando o teor de oxigênio da composição, obtendo-se o ferro-gusa (estrutura com 3,5 a 4,0% de carbono). Numa 2ª fusão obtém-se o ferro fundido (2 a 6,7% de carbono), que após analisado os teores de carbono, silício, fósforo, enxofre, manganês, entre outros, segue para Aciaria, sendo transformado em aço, pela descarbonatação do ferro gusa, resultando numa liga metálica de Ferro e Carbono, este com teor entre 0,008% (máxima solubilidade no ferro à temperatura ambiente) e 2,11% (temperatura de 1148 °C), além de elementos residuais).

O aço diferencia-se pela forma, tamanho e uniformidade da composição de grãos e química, sendo alterada pela adição de elementos químicos em função da aplicação final. Podendo apresentar diferentes graus de resistência mecânica, soldabilidade, ductilidade, resistência à corrosão, entre outros. Possuem excelentes propriedades mecânicas (resistência à tração, compressão, flexão) e homogeneidade, sendo laminado, forjado, estampado, estriado e modificadas por tratamentos térmicos ou químicos, conferindo-lhe características específicas: mole ou duro, quebradiço ou tenaz, dentre outras especificidades e utilizações.

O eixo de cristalização é composto pelo principal e secundário, formando dendritas, que compõe uma malha até que a massa do metal se solidifique. Quando duas dendritas se encontram, origina-se uma superfície de contato e ao término do processo de cristalização, formam cada uma os grãos que compõem o metal, de

modo que todos os metais, após sua solidificação completa, são constituídos de inúmeros grãos, justapostos e unidos.

Figura 5 - Esquema Estrutural de uma Dendrita



Fonte: Ferraz (2003).

Ferraz (2003) destacou que usinagem do aço pressupõem sistemas altamente industrializados, onde nos tratamentos térmicos (aquecimento/resfriamento) controlam-se temperatura, tempo, atmosfera e velocidade de esfriamento, destinando-se principalmente: i) aumentar ou diminuir a dureza; ii) aumentar a resistência mecânica; iii) melhorar resistência ao desgaste, à corrosão, ao calor; iv) modificar propriedades elétricas e magnéticas; v) remover tensões internas, provenientes por exemplo de resfriamento desigual; vi) melhorar a ductilidade, a trabalhabilidade e as propriedades de corte.

Ainda, comentou que os principais parâmetros de influência nos tratamentos térmicos (recozimento; normalização; têmpera; revenido) (Quadro 5) são: a) aquecimento: temperaturas acima da crítica (723 °C), para completa “austenização”, sendo o início às transformações posteriores, em função da velocidade de resfriamento; b) tempo de permanência à temperatura de aquecimento: estritamente necessário na obtenção de temperatura uniforme em toda seção do aço; c) velocidade de resfriamento: fator efetivo à determinação da estrutura e propriedades finais. As siderúrgicas definem o resfriamento em função da seção e forma da peça.

Os tratamentos mecânicos são realizados a frio e a quente (superior a 723 °C), sendo exemplos, a laminação (usos comerciais = chapas, perfis, barras), forjamento e estiramento. Acima da temperatura crítica, o aço torna-se mais maleável e trabalhável, com os pequenos grãos tendo a capacidade de recristalização com o resfriamento. Na laminação a frio os grãos permanecem

deformados (encruado), ampliando a resistência, escoamento, dureza, fragilidade e reduzindo o alongamento, estrição, resistência à corrosão, dentre outros. Aquecendo-se os cristais tenderão a se reagrupar e o encruamento a desaparecer (FERRAZ, 2003).

Quadro 5 - Tratamentos térmicos adotados na usinagem de aço

Tratamento	Observações	Resultados previstos
Recozimento	Velocidade de esfriamento: sempre lenta; aquecimento realizado em temperaturas superiores à crítica (total ou pleno) ou inferiores (alívio de tensões internas);	<ul style="list-style-type: none"> • diminuir a dureza para melhorar a usinabilidade do aço; • alterar propriedades mecânicas; • ajustar o tamanho do grão; • remover tensões tratamentos mecânicos (frio ou quente), como forjamento e a laminação
Normalização	Difere do recozimento quanto a velocidade de resfriamento menos lenta, embora tenha mesmos objetivos;	<ul style="list-style-type: none"> • refinar a granulação grosseira de peças de aço fundido; • aplicadas em peças depois de laminadas ou forjadas (maioria produtos siderúrgicos) • tratamento preliminar à tempera e ao revenido: produzir estrutura mais uniforme e reduzir empenamentos;
Têmpera	Resfriamento rápido de peça oriunda a temperatura superior à crítica	<ul style="list-style-type: none"> • obter estrutura com alta dureza (martensítica); • aumentar limite de resistência à tração do aço: há redução da maleabilidade e surgimento de tensões internas;
Revenido	Sucedo à têmpera; temperatura de aquecimento é inferior à 723 °C (crítica); os constituintes obtidos dependem da temperatura a que se aquece a peça.	<ul style="list-style-type: none"> • aliviar ou remover tensões internas: corrige excessiva dureza, fragilidade do material; aumenta a maleabilidade e resistência ao choque

Fonte: Ferraz (2003).

O projeto e execução com estrutura metálica estão lastreados nas propriedades dos metais (Quadro 6), incluindo-se o aço. Há uma constante evolução na classificação dos aços, especialmente aos aços-liga, em consequência às pesquisas e inclusão de novos elementos, obtendo-se novos aços, sendo atendida as necessidades pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), SAE (*Society Automotive Engineers*) e ASTM (*American Society for Testing and Materials*).

Os aços estruturais são vergalhões para reforço de concreto, barras, chapas e perfis para aplicações estruturais (elementos que suportam cargas), sendo requisitos: i) elevada tensão de escoamento (prevenção à deformação plástica generalizada); ii) alta tenacidade (salvaguardar a fratura rápida e catastrófica); iii) boa soldabilidade (mínimo de alterações das características do material na junta soldada); iv) boa formabilidade (adequação a necessidade em receber trabalho mecânico); v) custo reduzido (FERRAZ, 2003).

Quadro 6 - Súmula das propriedades físicas dos metais

Propriedades	Descrição
Elasticidade	Capacidade de retornar à forma original, uma vez removida a força externa atuante, conforme deformação da Lei de Hooke (proporcional ao esforço aplicado): $P = \mu \cdot E$ (P = tensão aplicada; μ = deformação; E = módulo de elasticidade do material – módulo de Young), sendo o maior valor de tensão desta lei (limite de proporcionalidade), quando ultrapassado surge a fase plástica, ocorrendo deformações crescentes mesmo sem a variação da tensão (patamar de escoamento). O ferro fundido ou o aço liga tratado termicamente – não deformam plasticamente antes da ruptura, sendo considerados materiais frágeis, estes não apresentando patamar de escoamento;
Plasticidade	Condição inversa à elasticidade, possibilitando ao metal não retornar à forma inicial após remoção da carga externa, estabelecendo-se deformações permanentes, que altera a estrutura aumentando sua dureza (endurecimento pela deformação à frio ou encruamento);
Ductilidade	Potencial de deformação sob a ação de cargas antes do rompimento, marco prévio à ruptura final do material (imprescindível na prevenção de acidentes). Oposto a fragilidade que caracteriza o rompimento abrupto dos materiais, uma das causas de acidentes em pontes e navios;
Resiliência	Característica de restituir a energia mecânica absorvida. A tenacidade é a energia total, plástica ou elástica, que o metal pode absorver até a ruptura. Um material dúctil com resistência similar ao frágil irá requerer maior energia para ser rompido, sendo mais tenaz;
Fluência	Função de ajustes plásticos em pontos de tensão, após o metal ser solicitado por carga constante (deformação elástica ao longo dos contornos dos grãos). Após esta fluência ocorre deformação contínua com redução da área do perfil transversal da peça (estricção). Relacionado à temperatura que o material está submetido: quanto mais alta, maior será; facilitando o início e fim da deformação plástica. Nos aços, é significativa para temperaturas superiores a 350 °C (caso de incêndios).
Fadiga	Ruptura de material sob esforços repetidos ou cíclicos, considerada sempre condição frágil, mesmo para materiais dúcteis;
Dureza	Resistência ao risco ou abrasão que a superfície do material oferece à penetração de uma peça de maior dureza, sendo de fundamental importância nas operações de estampagem de chapas de aços.

Fonte: Ferraz (2003).

Os vergalhões são agrupados em três classificações gerais (tensão de escoamento mínima especificada) considerando-se os aços: a) carbono (195 a 260 Mpa¹); b) alta resistência e baixa liga (ARBL): 290 a 345 MPa; c) liga (tratados termicamente entre 630 a 700 Mpa).

Os aços especiais (resistentes à corrosão atmosférica) são indicados para uso externo e aparente. Alguns, mesmo sem utilização de proteção adicional, possuem elevada capacidade de resistência à corrosão (aços patináveis ou aclimáveis = *wheathering steel*). Foram introduzidos nos EUA (década de 30), inicialmente para utilização em estradas de ferro e especificamente na fabricação de vagões de carga, combinando alta resistência mecânica a resistência à corrosão atmosférica. Comercialmente denominados de CORTEN, no Brasil tem sido utilizados na construção civil, estando disponíveis em chapas, bobinas e perfis soldados, possuindo denominações especiais conforme a siderúrgica produtora.

Considerados como aços de baixa liga, com resistência mecânica na faixa de 500 MPa (limite de ruptura) e alta resistência à corrosão atmosférica, constando elementos de liga (cobre, fósforo, cromo, silício, níquel, manganês, vanádio, nióbio, molibdênio, entre outras combinações). Estes aços quando expostos à atmosfera, iniciam a formação de camada de óxido compacta e aderente (pátina), como barreira

¹ Mpa = Mega Pascal unidade padrão (ABNT), sendo que 1 MPa = 10,19 Kgf/cm².

de proteção à corrosão, justificada pelos elementos de liga (cobre em especial), retardando a velocidade de corrosão e/ou os produtos da corrosão são mais homogêneos e compactos, favorecendo a proteção e alterando as condições de condensação de umidade do metal base.

Deve ser observado quanto à pátina protetora: a) quando bem formada, somente é obtida em condições de umedecimento (chuva e umidade) e secagem (sol e vento); b) o tempo de sua formação varia em função da atmosfera local (média de 2 a 3 anos), após vai adquirindo uma coloração marrom escura; c) locais de retenção de grande umidade ou partes submersas não desenvolvem a mesma proteção, pela não exposição à luz solar; d) ambientes submetidos a lavagens acentuadas e constantes (zonas de respingo com água marinha), não apresentam eficiência superior ao aço comum, pois a lavagem remove a pátina; e) as regiões não expostas aos intemperismos naturais, tais como juntas de expansão, articulações e regiões sobrepostas apresentam comportamento crítico.

Quanto às propriedades, são soldáveis e trabalháveis de maneira similar ao aço-carbono comum. Apresenta média a alta resistência mecânica, o que proporciona uma redução no peso da estrutura e diminuição da espessura das chapas usadas.

A utilização dos aços inoxidáveis (ligas de ferro com alto teor de cromo, acima de 12%) tem ampliado pela qualidade estética e funcionalidade (alta resistência à corrosão, impacto, abrasão e durabilidade). Similares aos patináveis, resistem a corrosão pela formação de filme superficial (reação do cromo com oxigênio atmosférico), sendo que as avarias (riscos), possibilitam a recomposição, havendo oxigênio à formação do óxido protetor. Nenhum material é totalmente inoxidável, sendo comercialmente produzidas grandes variedades de ligas (propriedades específicas em função da composição química e características metalúrgicas).

Estão agrupados (ABNT) em: i) austeníticos: 18% de cromo, 8% de níquel e baixo teor de carbono, perfazendo 70% do total de aços inox produzidos no mundo (excelente resistência à corrosão, alta resistência mecânica, boa soldabilidade, boa conformabilidade, facilidade de limpeza, durabilidade), recomendado à arquitetura e construção em geral; ii) ferríticos: ligas de ferro-cromo (12 a 17% de cromo), apresentam boa resistência à corrosão em meios menos agressivos, boa ductilidade, razoável soldabilidade; iii) martensíticos: ligas ferro-cromo, alcançam alta dureza (1379 MPa) com tratamento térmico e uso inespecífico na construção civil.

Tem sido indicados painéis (aço inoxidável) para revestimento de fachadas, quando comparados ao mármore, granito, cerâmica, apresenta vantagens de redução do peso do revestimento sobre a estrutura da edificação; rapidez de instalação; facilidade de manutenção e limpeza; não liberam produtos de corrosão que atacam superfícies de alumínio ou zinco ou ainda que manchem outros materiais em contato (mármore e alvenarias). Podem apresentar aparência exterior brilhante ou reflexiva, esta assume as cores do meio-ambiente circunjacente e apresentam nuances de coloração pela alteração da luminosidade (dia e estação). Empregado em mobiliário urbano e público (durabilidade, facilidade de limpeza e manutenção, além da boa resistência ao ataque da poluição), como esculturas, bancos de jardins, abrigos de ônibus, cabinas telefônicas, corrimãos de escadas, coletores de lixos, bancas de jornal, aparelhos para exercícios, dentre outros.

2.4 APLICABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Na construção civil, o aço pode ser utilizado de duas maneiras: base montada com componentes de aço ou para compor a estrutura de concreto armado. Consta em CBCA (2004) a denominação de "o ouro arquitetônico", pelo resgate da arquitetura moderna quando de seu declínio, ampliando-se sua empregabilidade no Brasil, pela tecnologia, leveza, flexibilidade, definição e materialização de formas em três dimensões, com precisão e controle milimétrico nos processos de montagem.

Adaptam-se bem ao conceito contemporâneo de *fast construction*, tendo mundialmente como referências da arquitetura (Santiago Calatrava, Norman Foster, Richard Rogers e Renzo Piani) e expressões construtivas, como: Estação Oriente (Portugal), Centro Georges Pompidou (França), Estádio Olímpico de Helsinque (Finlândia), Pirâmide do Louvre (França), Museu de Bilbao (Espanha) e Torres Petronas (Malásia), com concepções estéticas únicas.

Ainda, há potencial de ampliação do consumo do aço no Brasil, comparado a Inglaterra, Estados Unidos, Japão e França. Destacam-se a Rede Sarah de Hospitais, a Casa do Comércio (Salvador – BA) e o Banco Itaú (São Paulo SP), podendo ser atribuído ao desconhecimento e desinformação acadêmica quanto ao desempenho do aço (adoção do pressuposto do vazio), explorando-se a tridimensionalidade a ocupar, sendo possível:

- a) potencializar alternativas arquitetônicas, aumentar a produtividade e encurtar o tempo de execução;
- b) substituir elementos em concreto, diminuindo o custo final;
- c) racionalizar uso de materiais, reduzir desperdícios, minimizar geração de resíduos e possibilitar reciclagem;
- d) melhorar a organização no canteiro de obra e controle nos custos
- e) criar balanços, prever curvas e vencer grandes vãos, adotando-se estruturas vagonadas (dobra a distância em pilares, eliminando a metade prumadas inteiras);
- f) menor carga melhorando o aproveitamento de área útil nas fundações;
- g) possibilitar a criação/execução de estruturas pênseis (estaiadas);
- h) obter a relação investimento/benefício satisfatória; além de racionalizar o uso de mão-de-obra;
- i) ampliar a previsibilidade e planejamento de processo construtivo – a partir da concepção/sofisticação do projeto, demandando adequado planejamento logístico (macro legos para encaixe);
- j) reduzir investimentos de manutenção (estrutura aparente), evitando pintura;
- k) prever o tipo de liga para reduzir efeitos de corrosão;
- l) definir o adequado posicionamento de elementos estruturais, para design de interiores, reduzindo-se o acúmulo de poeira e umidade;
- m) flexibilizar reformas e mudança de ocupação de edifícios, com maior compatibilidade com outros materiais, adaptações e ampliações, minimizando invasibilidade, as quais, inviabilizam o uso de fôrmas e andaimes;
- n) trabalhar em diversas frentes de serviços simultaneamente, além de ocorrência de chuvas não afetar a montagem da estrutura.

Diferente do princípio do concreto, onde o espaço é concebido como isótropo, homogêneo em todas as direções, organizado por limites de uma geometria definida, controlada, gerando desperdício (até 30%), apresentando menor restrição na escolha de materiais para vedação (paredes e pisos). Há diferenças técnicas entre os perfis metálicos e o concreto armado, desde a composição, custo e modo de executar. Tecnicamente, não substitui o concreto, cada qual tendo sua função, havendo diferença de resultados funcionais e estéticos.

3 SHOTCRETE

Gasparim (2007) reportou que o desenvolvimento do concreto projetado foi atribuído a Carl Ethan Akeley (escultor e naturalista do *Field Museum of Natural History*, em Chicago), pela necessidade de revestir rapidamente a fachada do museu para adequar a estética a um evento, já que aplicava dermoplásticos a taxidermia para montagem de modelos de animais pré-históricos. Seguidos insucessos culminaram (24/06/1907) num equipamento rudimentar batizado como *plastergun* (ideia de “pistola de concreto” = rotores com duas câmaras superpostas e pressurizadas com ar comprimido) (Figura 6), que lançava através de tubo o gesso seco, que ao alcançar a saída adicionava-se água por outra tubulação, conseguindo como uso alternativo a aplicação de uma camada de ¼ de polegada na fachada do referido museu.

Figura 6 - Bomba utilizada para cobrir fachada no museu de Chicago em 1907



Fonte: Adaptado de Teichert (2002).

Ainda, registrou que em maio de 1910 foi apresentado no *Cement Show* (New York) o equipamento *Cement Gun*, sendo em 1911 lançado um modelo melhorado e patenteado por Akeley (nº 991814) como *Apparatus for mixing and applying plastic or adhesive materials*. A *Parsons Manufacturing*, que passou a ser denominada *Cement Gun Company*, adquiriu os direitos da máquina, que a partir de 1912 adotou o termo *gunit* para designar a argamassa (cimento, areia e água) projetada, sendo utilizada principalmente para estabilização de taludes e encostas. Nesta época houve aplicação sobre estrutura metálica como reforço e proteção contra fogo e corrosão na estação *Grand Station* (New York), nos Estados Unidos.

No entorno de 1947, foram comercializadas máquinas a rotor similares aos equipamentos contemporâneos, surgindo os equipamentos via úmida, sendo adicionada água previamente a massa e após o concreto projetado, sendo em 1962 o processo reconhecido pelo *American Concrete Institute* (ACI), evoluindo em dois patamares: i) material: uso de aditivos aceleradores/redutores de seca (sílica ativa e metacaulim); fibras de aço e sintéticas (náilon e polipropileno); cimentos de alta reatividade; ii) equipamento: automação da projeção [braços mecânicos (robôs) e sistemas computadorizados de acionamento], obtendo-se maior precisão nas camadas jateadas (PRUDÊNCIO JÚNIOR, 2005).

Em 1920 foi utilizado para aplicação em túneis, sendo em 1950, utilizado o *shotcrete* (cimento, areia, pedrisco e água) para reduzir custo do produto. Como consequência foi desenvolvido o Novo Método Austríaco de Abertura de Túneis (NMAT) em 1964/65, sendo o *shotcrete* considerado ideal por adaptar-se à superfície irregular da rocha, proporcionando uma espessura necessária à estabilização, sem “sobre-espessuras”, como ocorrido com o concreto moldado (GASPARIM, 2007).

Ainda, ressaltou que na década de 20, a técnica foi utilizada no Brasil em pequenos trabalhos de estabilização de taludes e reparo em estruturas de concreto. Menezes (2010), citando Silva (1997), reportou que o *shocrete* foi empregado na Rodovia dos Imigrantes, em 1970, com equipamentos de pequena capacidade (única câmara abastecida com mistura de cimento e areia úmida, sendo pressurizada na sequência, através de mangueira com compressor de ar, conduzido o concreto ao bico, recebendo água, logo antes do lançamento contra a superfície de projeção).

O processo “úmido” surgiu na década de 70, com dois sistemas de projeção, com bombas de rotor ou de pistões modificadas (evitar pulsações), produzindo 10 e 15 m³/h, respectivamente. Ressalta-se que o concreto depois de misturado é jateado em camadas sucessivas, utilizando-se para: designs complexos/construções subterrâneas e reparação ou suporte técnico (GASPARIM, 2007). Constam duas vias de projeção: seca: aglomerante e agregados misturados/lançados e adição de água ocorre no bico de projeção; úmida: aglomerante, agregados e água são misturados previamente ao abastecimento do equipamento de projeção (MENEZES, 2010).

Menezes (2010) ressaltou que a projeção refere-se ao concreto transportado por uma tubulação e jateado/compactado sob pressão concomitantemente, em elevada velocidade, sobre uma superfície.

O processo de urbanização acelerado, em áreas com alta densidade demográfica, tem implicado cada vez mais na valorização do espaço, sendo alternativa recorrente as obras subterrâneas, onde são prioritariamente adotado ao *shotcrete* para construções e revestimento, com pelo menos 40 aplicações (FIGUEIREDO, 1992 apud GASPARIM, 2007) (minas; cavernas; barragens; túneis: rodoviário, ferroviário, metroviário ou adução), taludes e reparo de estruturas, dispensando forma, pela qualidade do material e equipamento possibilita a execução de estruturas de difícil geometria, reduzindo tempo e investimento no processo construtivo.

O referido autor citando Prudêncio Júnior (2005) ressaltou que como característica inerente a composição do concreto, que ao ser aplicado difere daquele abastecido no equipamento, devido ao fenômeno conhecido como reflexão (relação em massa do concreto não aderido e o total lançado na superfície de projeção). Menezes (2010) comentou sobre diferenças quanto à opção de projeção das vias seca e úmida conforme Quadro 7.

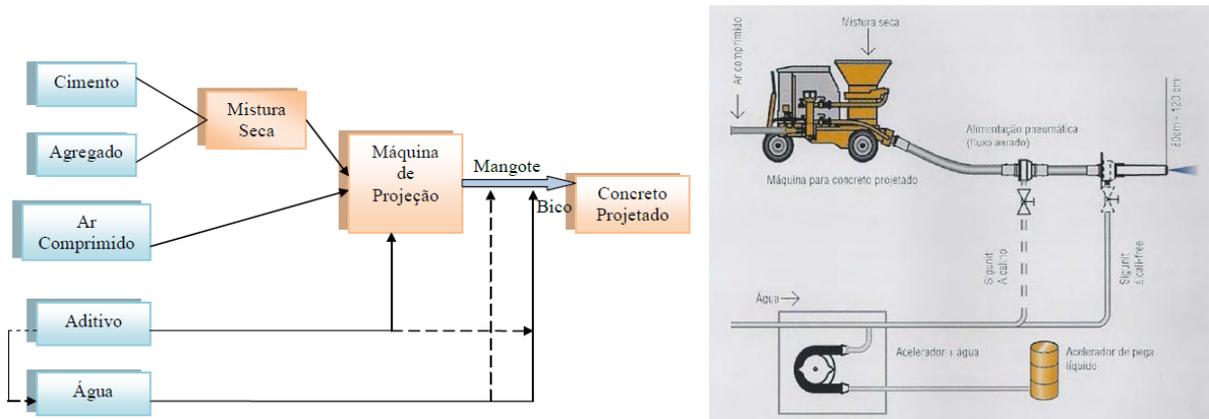
Figueiredo e Helene (1993) reportaram que a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) através da Comissão de Estudos (CE 18:306) definiu que o concreto projetado seria aquele com dimensão máxima do agregado (> 4,8 mm), transportado através de tubulação e projetado sob pressão (elevada velocidade) numa superfície, sendo concomitantemente compactado (Figuras 7 e 7).

Quadro 7 - Fatores de comparação de concreto projetado pelas vias seca e úmida

Fatores/Vias	Seca	Úmida
Equipamento	Menor investimento total; manutenção simples e preventiva; fácil operação; controle da água e da consistência da mistura no bico de projeção;	Maior compactidade; menor desgaste: bico de projeção, mangueira e bomba; menor consumo (60%) de ar; precisão adição da água (controle no equipamento); maior possibilidade de entupimentos e pulsações no fluxo concreto
Mistura	Obra ou usina; possibilidade de pré-dosagem; umidade da areia interfere; Melhor adequação ao manuseio da mistura contendo agregados porosos e leves;	Usina; maior precisão; umidade da areia não interfere;
Produção e alcance	Rara ultrapassagem de 5,0 m ³ /h (campo); projeção mais longa do equipamento; Permite maior comprimento do mangote;	Capacidade entre 2,0-10,0 m ³ /h e 20,0 m ³ /h de/na projeção, respectivamente (robô); difícil regulagem fluxo no bico de projeção; mangote até 30 m (rotor); impedimento trajetos muito sinuosos;
Reflexão	5-15% (pisos e lajes); 15-30% (superfícies inclinadas e verticais); 25-50% (teto); formação de bolsões; perda agregados;	0-5% (pisos e lajes); 5-10% (superfícies inclinadas e verticais); 10-20% (teto); sem formação bolsões; baixa perda de agregados: alta produtividade;
Velocidade de impacto	Maior; melhor adesão/facilidade aplicação em teto; maior auto compactação (> velocidade);	Indicada para túneis e minas; material menos compacto;
Qualidade	Alta resistência mecânica e compactação (baixa relação água [(0,30): cimento (0,50)]; baixa homogeneização; depende qualidade mangoteiro;	Menor resistência mecânica; alta homogeneização; (relação água [(0,40): cimento(0,55)]) Maior resistência a compressão
Aditivos	Forma de pó, adicionados na betoneira ou na cuba de alimentação (dosagem imprecisa); Forma líquida (adicionado no bico de projeção);	Líquidos
Poeira e névoa	Grande quantidade; dificulta visualização frente projeção; insalubre em túneis; aeração forçada;	Pequena quantidade; boa visualização frente projeção; névoa aditivo (aeração forçada);
Flexibilidade	Permite interrupção de projeção (pouca ou nenhuma perda de material); ajustável à condição superfície (presença d'água)	Planejamento cuidadoso interrupção de projeção (minimizar perda material); dificuldade aplicação superfície molhada (demanda aditivo acelerador);
Versatilidade	Jateamento areia; jateamento argamassa, materiais refratários e recobrimentos; escavações, melhor adequação (revestimento primário) e reparo estruturas danificadas por corrosão;	Sistema bombeamento convencional de concreto;
Logística	Facilidade em difícil acesso;	Proximidade centrais de produção (concreto) à obra (tempo curto da ação superplastificantes, minimizados se adicionados na obra)
Reologia	Consistência não plástica (semelhante às misturas usadas para confecção bloco e estrutura de concreto);	Consistência plástica

Fonte: Adaptado de Menezes (2010).

Figura 7 - Diagrama do fluxo de projeção (a) e processo de fluxo aerado (b) para via seca



Fonte: Barbosa (2001), Schlumpf e Hofler (2004 apud MENEZES, 2010, p. 20).

MENEZES, 2010); tipo de obra para opção por via seca ou úmida (reflexão, deslocamento, poeira ou névoa), qualidade dos equipamentos/materiais, controle de características específicas do concreto projetado, especialmente na aplicação com o bico (NEVILLE, 1997 apud MENEZES, 2010).

Gasparim (2007) destacou que no campo de revestimentos, o concreto projetado é indicado para proteção de estruturas, sejam metálicas ou de concretos, oferecendo resistência aos agentes deletérios do meio a estrutura original.

Em ECivilnet (2014) a dosagem de cimento em concreto projetado (utilizada nos concretos tradicionais), varia entre 300 e 375 Kg/m³, alcançando até 500 Kg/m³, utilizando-se agregados (> 10 mm), possibilitando a redução de cimento, conseqüentemente diminuindo a retração hidráulica. O concreto projetado pode ser utilizado como material estrutural. A relação água/cimento deve variar entre 0,35 e 0,50, assegurando a aderência e resistência final. Adicionam-se aditivos (2,0 – 3,0%; aceleradores de pega, impermeabilizantes ou plastificantes) para reduzir a reflexão e ampliar a resistência. A espessura das camadas não deve ultrapassar 150 mm, quando superior, aplica-se em camadas (50 mm, cada), não excedendo 200 mm.

A superfície a ser aplicada deverá ser preparada, retirando-se concentrações de bolor, óleos e graxas, material solto e poeira, utilizando-se jato de areia. Procedese a umectação da superfície, projetando a argamassa pequena espessura (cimento, areia e água), para projetar a mistura com agregado graúdo e baixo teor de água, minimizando a reflexão excessiva. Projetam-se camadas de concreto (50 mm, cada), intervaladas (6 -12 horas), conforme o tipo de cimento e aditivos empregados. A cura é imprescindível ao concreto sem fissuras e de boa resistência, devendo-se empregar água ou agente de cura sobre a última camada (mínimo sete dias). A reflexão dependerá da granulometria do agregado, hidratação da mistura, relação água/cimento/agregado, velocidade de saída do bico projetor, vazão do material, ângulo da superfície de base, espessura aplicada e destreza do mangoteiro

Na contemporaneidade, as áreas de aplicação do concreto projetados tem sido cada vez mais diversificadas, tais como: i) trabalhos subterrâneos (reparo temporário), como membrana de proteção/retenção/revestimento final (estrutural); ii) proteções de aterros e escavações escudos; iii) reparação paredes de concreto comuns com distúrbios de superfície; iv) reparação de paredes de concreto danificadas pelo fogo; v) reforço/recuperação de novas estruturas com falhas de projeto; vi) a construção de estruturas de concreto de forma livre.

4 METODOLOGIA

Neste relato de caso, buscou-se discorrer sobre a aplicação do *shotcrete* como alternativa de alvenaria estruturante, em obra com arquitetura conceitual. Justifica-se a adoção desta técnica pela ênfase a eficiência e sustentabilidade construtiva, constando a especificidade de superfícies curvilíneas (alvenaria estruturante) sobre esqueleto de perfis metálicos, como suporte à casca de concreto projetado/jateado, em detrimento da utilização de concreto armado convencional, em virtude da complexidade da geometria arquitetônica proposta.

Considerando-se a economicidade de não adoção do concreto armado na alvenaria estruturante, em consequência da: i) não instalação da usina de concreto no canteiro de obras; ii) redução do número de vergalhões na composição da armadura; iii) não execução das formas, as quais devem ser adequadamente confeccionadas, travadas, escoradas, sem deformações e estanques (sem fendas ou buracos, estes sendo inerentes a dois elementos de moldabilidade (caixão contenção = placas de madeira compensada; estruturação = fator de resistência e evitar deformação = madeira serrada ou bruta); desuso de britas; não concretagem, reduzindo movimentação de transportes, eliminando cura e desforma

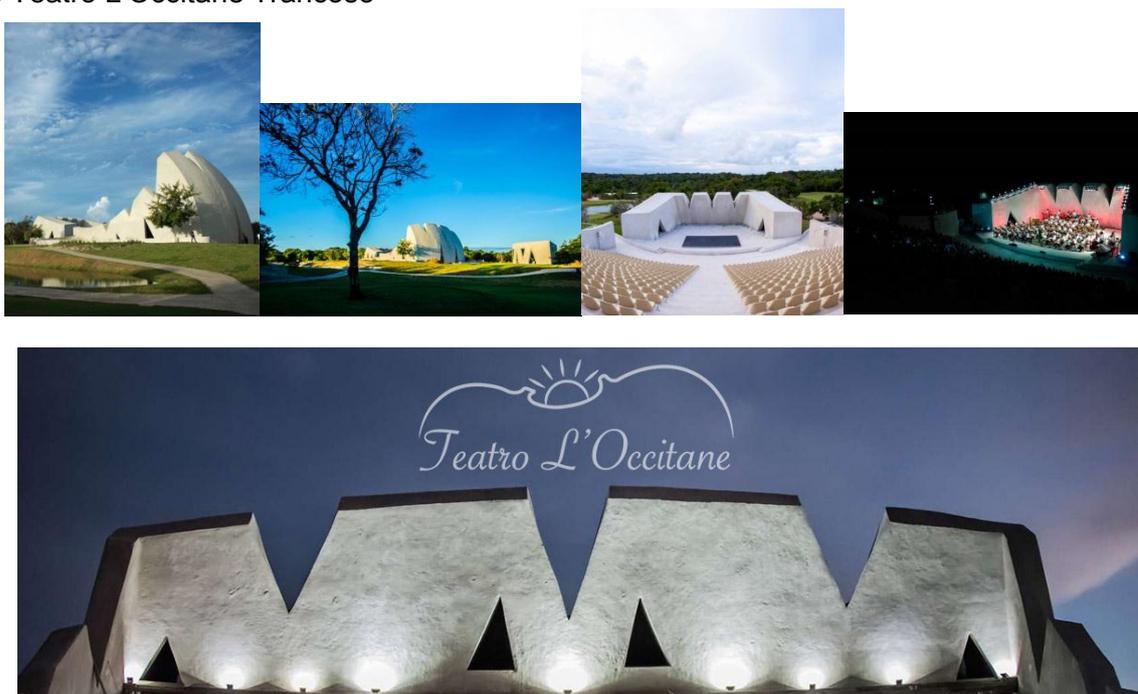
Trata-se do Teatro L'Occitane (Painel 2), alocado no distrito de Trancoso, em Porto Seguro, no Território de Identidade da Costa do Descobrimento, no extremo sul da Bahia, que dista via rodovia de Salvador cerca de 714 Km. Este município apresenta área geográfica de 2.408,37 Km², 90 km de litoral protegido por recifes de corais, resquícios de Mata Atlântica, clima quente, úmido e subúmido (média 83% umidade do ar), vento Sul a 14 km/h, com temperatura média anual de 24,4 °C. Com população de 141.006 habitantes (IBGE, 2013), concentrados na sede e bairros mais populosos. Com importância histórica, cultural e turística, é o local da chegada dos portugueses (1500), quando do descobrimento do Brasil. Fundado em 1534, está tombado em quase sua totalidade pelo patrimônio histórico, não sendo permitida a construção de prédios com mais de dois andares. Entrecortado pelo rio Buranhém, que liga a sede aos badalados distritos de Arraial d'Ajuda, Trancoso e Caraíva (PORTO, 2014).

Consta ainda, que Trancoso dista 26 km da Sede, sendo originário de aldeia jesuíta do século XVI, conhecida como São João Batista dos Índios, mantida como exemplar conservado das primeiras povoações brasileiras, caracterizado pelas

muitas praias, falésias, foz de rios e coqueiral. Fundado para defender a região dos contrabandistas de pau-brasil, que chegavam pelo litoral. Apresenta no centro grande retângulo, tendo como cenário de fundo a igreja de São João Batista, nas laterais retilíneas casinhas conjugadas baixas, compondo o famoso “Quadrado” (valioso sítio histórico da Costa do Descobrimento), emoldurado por centenárias jaqueiras, mangueiras, amendoeiras e jacarandás.

O projeto do referido teatro foi concebido pelo arquiteto luxemburguês François Valentiny, idealizado para ser perfeitamente integrado a natureza, sendo caracterizado por dois palcos (a céu aberto e coberto), com 254 m² e arquibancada com capacidade para 1.036 lugares, cada. Constan sete salas com tratamento acústico e térmico, seis camarins individuais e dois vestiários coletivos, além do backstage completo (TEATRO, 2014).

Figura 9 - Paine 2 – Vistas panorâmicas das áreas externas; palco a céu aberto e fachada do Teatro L’Occitane Trancoso



Fonte: Teatro (2014).

A concepção do referido teatro foi desenvolvida dentro do programa Música em Trancoso, buscando fazer das artes e educação artística, como fonte permanente de desenvolvimento pessoal e social (MUSICA, 2014). Destacam-se dentre os objetivos:

cultural: realizar e estimular a produção de eventos e manifestações culturais compatíveis com os anseios da comunidade local; divulgar a música clássica e popular e estimular a formação de novas plateias; reunir músicos consagrados internacionais e brasileiros com orquestras jovens e seus correspondentes locais, objetivando a troca de ideias e o aperfeiçoamento musical; **socioeducativo:** ampliar conhecimento e difundir cultura por meio de espetáculos de música, teatro, cinema e outras manifestações artísticas; estimular o gosto pela arte para fazer dela instrumento de transformação e inclusão social; promover o aprimoramento técnico de jovens músicos, por meio das masterclasses: encontros didáticos entre os solistas, professores e estudantes de música; promover o interesse pela música, por meio de aulas de iniciação musical nas escolas públicas; **ambiental:** demonstrar a convivência harmônica entre respeito à natureza e o desenvolvimento cultural, social e econômico; estimular a conscientização e a disseminação do sentimento de preservação ambiental, com o apoio de espetáculos e eventos artísticos; **econômico:** atrair público adicional para a região, que queira unir cultura e cidadania empresarial; criar uma alternativa econômica para a comunidade local fora da sazonalidade do verão e gerar um polo multiplicador de desenvolvimento.

A execução foi planejada em três fases: i) *facilities* (Painel 3) (salas de ensaios; aulas de música e apoio)²; ii) suportes metálicos para sustentação da arquibancada superior; iii) alvenaria estruturante, para fechamento perimetral da casca curvilínea côncava e convexa (otimização do efeito acústico), sendo esta última objeto desta dissertação. Foi descrito o processo construtivo sobre fundação em concreto armado, com dois palcos sobrepostos, projetados em vão livre, superfícies curvilíneas (côncavas e convexas) em concreto jateado por via úmida (6,0 cm de espessura; com capacidade de resistência ao peso próprio = 150 Kg/m²). A aplicação foi sobre madeirite e malha de aço fixados em perfis metálicos, sendo possivelmente, considerada obra *sui generis* no Nordeste brasileiro.

As empresas V&S Engenheiros Consultores S/C e a Lemos Metalúrgica Ltda projetaram e fabricaram as estruturas metálicas, respectivamente, sendo o processo construtivo executado pelo empresas Consplan, Lemos Metalúrgica Ltda. e HB Engenharia e Serviços Ltda.

² Execução concebida de forma convencional, apesar da geometria em planta baixa ser sinuosa, constando uma solução estrutural composta de estrutura metálica de cobertura para telha com revestimento termo acústico, supra estrutura em concreto moldado *in loco* e fundações diretas em sapatas

Figura 10 - Painel 3 - Vista externa da construção anexa (*Facilities*)



Fonte: Acervo pessoal (2015).

Procedeu-se, como usualmente no Brasil, o projeto de estrutura metálica em etapas, conforme sumarizado na sequência:

- a) anteprojeto: amplamente utilizado em empreendimentos, com marcante interação entre calculista (estrutura metálica) e arquiteto (materiais, conceitos, parâmetros estéticos e visuais); define em consonância com o projeto arquitetônico o sistema estrutural, sua volumetria e funcionamento, com exequibilidade de quantidade, tipo e localização de apoios, dimensões de elementos principais (pilares, vigas, lajes de piso, coberturas) e geometria/localização de travamentos (contraventamentos);
- b) projeto básico: conjunto de desenhos representativos (diagramas unifilares = prática menos usual) dos planos da estrutura (plantas de níveis e elevações; cortes e detalhes), sendo representados em escala (plano desenhado); fase de indicação das dimensões (bitolas) dos perfis estruturais e especificações de matéria-prima, assim estimando-se quantitativo por perfil e peso total previsto, base para aquisição da estrutura metálica; detalhamento das ligações principais [rígidas ou flexíveis (ligações à momento ou à cisalhamento)], essenciais ao funcionamento eficiente do sistema estrutural; as ligações secundárias não são detalhadas no projeto básico. Recomenda-se mencionar nos projetos as cargas estruturais previstas nos planos da estrutura e as normas técnicas consideradas no dimensionamento. O engenheiro estrutural (calculista), responsável pelo projeto de estrutura metálica realiza a ART (Anotação de Responsabilidade Técnica) junto ao CREA.
- c) projeto de fabricação e montagem: conhecido como “detalhamento para fabricação”, é realizado a partir da aprovação do projeto básico aprovado e acompanha o cronograma do empreendimento, realizando-se o detalhamento individual das peças, componentes e ligações da estrutura metálica, visando sua fabricação, transporte e montagem. Consiste em desenhos de fabricação, com

marcação e detalhamento individual, lista com quantidades e pesos por peça, acompanhando listas de resumo para aquisição de matéria-prima (previsão de perdas, diagramas de montagem, indicação de posição exata de cada “marca” para montagem/ligações soldadas em campo. Inclui croquis individuais para corte, traçagens e arquivos para utilização em máquinas com comando numérico (CNC). A Lemos Metalúrgica Ltda. foi responsável pela elaboração do projeto de fabricação, montagem da estrutura metálica e processo executivo *in loco*;

d) ligações soldadas (fábrica/campo): transformação de energia elétrica em calor, por meio de um arco de grande resistência nos pontos a serem ligados. O calor gerado funde simultaneamente o eletrodo e a peça a ser soldada. O metal utilizado no eletrodo deve ser compatível com as características do metal-base da peça. O equipamento de solda utiliza corrente alternada de energia elétrica [fornecida por concessionárias ou geradores (Figura 11)].

Figura 11 - Retificadora de solda para eletrodo revestido

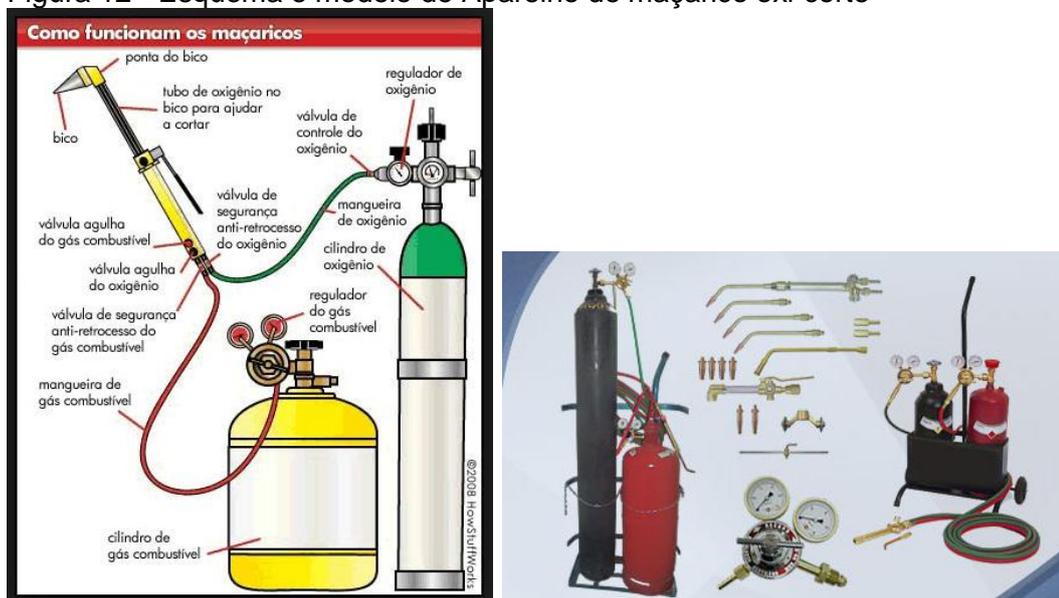


No processo de soldagem, um dos pólos da máquina está interligado a um cabo elétrico flexível fortemente isolado em cuja extremidade está instalada uma tenaz, (no caso dos eletrodos revestidos) na qual está preso o eletrodo de solda. Noutra pólo está conectada o cabo-terra, que possui o grampo de aterramento na outra extremidade a ser ligada ao corpo da estrutura. Forma-se um arco elétrico na forma de um fluxo luminoso entre a ponta do eletrodo e a peça no local em que estiverem próximo o suficiente para a ocorrência do fenômeno. O eletrodo (fornece metal de deposição para preencher os espaços existentes nos entalhes entre as peças ou nas soldas de filete) é formado por duas partes: arame interno que será fundido e transferido para a peça; o revestimento que entrará em combustão, criando uma

proteção gasosa ao redor da poça de soldagem, protegendo a solda contra o oxigênio e o nitrogênio da atmosfera, que são prejudiciais.

e) Cortes à Maçarico: mais comum; adota o princípio da erosão térmica (oxi-corte = chama oxi-acetilênica) ao corte regular e preciso do aço, mesmo ao ar livre, usando o maçarico (caneta), formado por dois tubos unidos a um misturador [fusão do gás oxigênio [cilindros altos; 10 m³; pintados de preto) com combustível [Acetileno (vermelho; 9,0 Kg) ou GLP (prata ou dourado; 45 Kg)] (Figura 12), provocando a chama na extremidade. O aço é rapidamente pré-aquecido por uma chama neutra, ao iniciar a oxidação do material, o gatilho é pressionado provocando um jato de excesso de oxigênio (aumenta o calor da chama e remove o metal fundido), realizando o corte; a caneta deve ser movida a uma velocidade constante para manter a oxidação contínua; porções de metal fundido são retiradas da peça durante a oxidação; se a ação for muito lenta, o corte vai apresentar irregularidades; com alta velocidade, o metal não será cortado, o mesmo acontecendo se a pressão do gás não estiver adequada.

Figura 12 - Esquema e modelo de Aparelho de maçarico oxi-corte



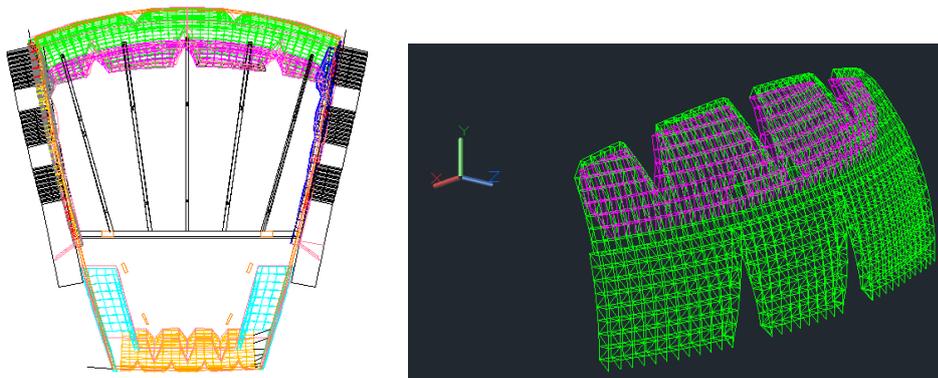
Foi aditivado um acervo imagético das fases operacionais, constando partes específicas dos projetos arquitetônico e estrutural metálico (confecção, instalação e ajustes de perfis), bem como, do processo de jateamento do concreto nas condições arquitetônicas e construtivas requeridas.

Foram estabelecidos à análise da efficientização de tecnologias, materiais e processos, alguns parâmetros empíricos de comparação, tais como: a) técnica construtiva e adoção de materiais diferenciados (forma de madeirite; jateamento com cimento branco); b) comparação de uso de mão de obra (*shotcrete*); c) redução do consumo de água (processo de cura do concreto) e energia, bem como, da geração de resíduos, em consequência da opção pelo uso de perfil metálico, possibilitando a precisão do projeto arquitetônico de formas construtivas complexas e brevidade de processo de execução, caracterizando alternativas de eficiência.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

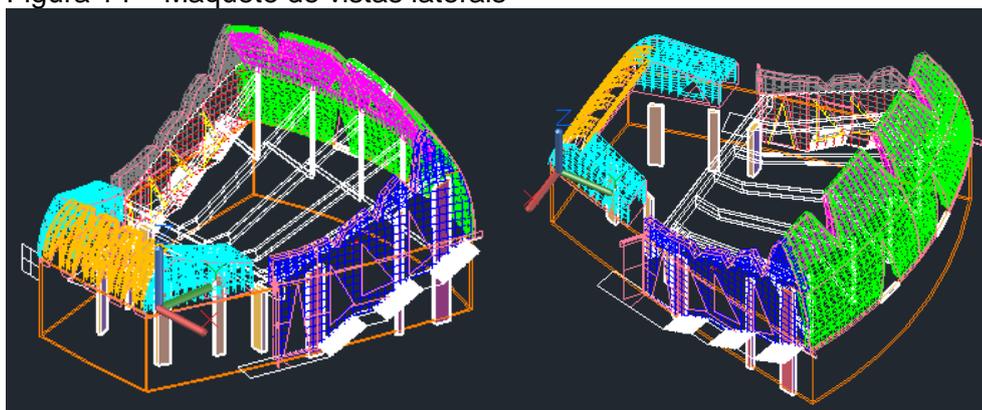
O projeto do Teatro L'Occitane, em Trancoso – BA, foi executado a partir do projeto arquitetônico fornecido em desenho unifilar, com design geométrico (Figura 13) e maquete em 3D (Figura 14), que teve como concepção a perfeita integração da inserção do estado da arte construtiva proposta em relação à condição ambiental local. Assim, a complexa concepção arquitetônica deste empreendimento não permitiu a utilização de alternativas construtivas usuais ou adaptadas, decorrente das impossibilidades técnicas executivas e custos onerosos, para execução dos perfis curvilíneos negativos.

Figuras 13 – Desenhos unifilares a) Vista superior; b) Vista posterior



Fonte: Acervo pessoal (2014).

Figura 14 – Maquete de vistas laterais



Fonte: Acervo pessoal (2014).

Apresentando complexidade das formas sobrepostas, projetadas em vão livre, foram propostas superfícies complexas curvilíneas (côncavas e convexas), demandando adoção de uma série de soluções diferenciais, híbridas e inovadoras de estrutura metálica (Painéis 4 e 5) à referida proposta arquitetônica, para cumprir o

cronograma executivo de suporte à alvenaria estruturante de fechamento perimetral. A fabricação das peças [vigas (alma cheia; treliçadas)], apoios e travamentos ocorreu no período entre outubro a dezembro de 2013, seguindo-se o transporte e instalação *in loco*, conforme cronograma pré-estabelecido para execução do Teatro (Painel 6; Quadro 8).

Assim, adotou-se a opção de estrutura metálica como solução à complexidade da forma geométrica, pela facilidade concernente à maleabilidade, permitindo a conformação de ligas metálicas por deformação; com baixo investimento; redução de geração de resíduos no projeto executivo e redução de cargas nas fundações. Essa técnica serviu de suporte ao concreto projetado (6,0 cm) por via úmida, conformando superfície rugosa e porosa, detalhe planejado e requerido no projeto arquitetônico, para promoção do isolamento/eficiência/conforto acústico (clareza musical; adequada absorção/restricção sonora; minimização de reverberação).

Figura 15 - Painel 4 – Mosaico constando: a) desenho conceutivo; b) reações nas fundações; c) planta baixa e cortes, seções/detalhes de peças metálicas (suporte da arquibancada superior)

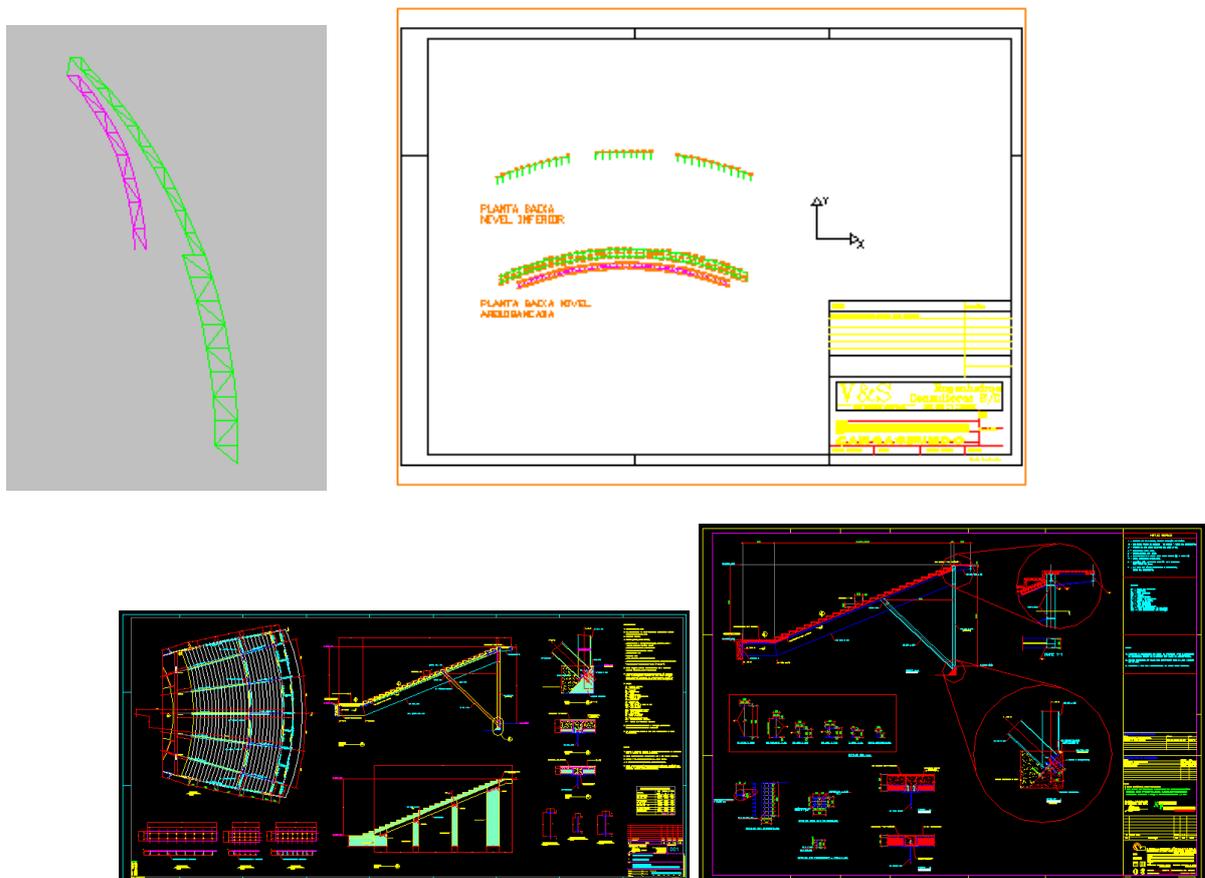


Figura 16 - Painel 5 – Mosaico apresentando: a) fundação para fixação da mão francesa; b) mãos francesas e detalhe das colunas laterais em concreto (suporte para fechamento perimetral); c) vigas inclinadas de suporte à pré-laje da arquibancada superior



Fonte: Acervo pessoal (2015).

Figura 17 - Painel 6 – Estrutura metálica suportando o madeirite em superfície curvilínea [curvilíneas côncava (externo) e convexa (interno)]; detalhes de suporte ao fechamento perimetral da arquibancada (shotcrete) e lateral concluída



Fonte: Acervo pessoal (2015).

Quadro 8 – Cronograma executivo de suporte metálico para alvenaria estruturante. 2014. Acervo pessoal

OBRA:		AUDITORIO TRANCOSO																	
PROJETO:												EXECUTADO							
FASE DO PROJETO:												FABRICAÇÃO							
DESCRIÇÃO-RESUMO QUADRO DE ÁREAS												PINTURA/TRANSPORTE							
DATA:	14/11/2013											MONTAGEM							
REVISÃO:	R01																		
CONSPLAN Desenvolvendo engenharia desde 1976																			
DISCRIMINAÇÃO	QUANTIDADE	OUTUBRO				NOVEMBRO				DEZEMBRO									
		21/10 - 27/10		28/10 - 03/11		04/11 - 10/11		11/11 - 17/11		18/11 - 24/11		25/11 - 1/12		02/12 - 8/12		09/12 - 15/12		16/12 - 22/12	
FACHADA PALCO	45 PR (PR1 - PR23)																		
PEÇAS RETAS																			
FABRICAÇÃO		25%	25%	25%	25%														
PINTURA/TRANSPORTE		50%		25%	25%														
MONTAGEM				25%	25%	25%	15%	10%											
PEÇAS CURVAS																			
FABRICAÇÃO			25%	25%	25%	25%													
PINTURA/TRANSPORTE				25%	25%	25%	25%												
MONTAGEM						25%	25%	25%											
FACHADAS LATERAIS	52 PR (PR1 - PR26)																		
FABRICAÇÃO						16,65%	16,65%	16,65%	16,65%	16,75%	16,65%								
PINTURA/TRANSPORTE							16,65%	16,65%	16,65%	16,65%	16,75%	16,65%							
MONTAGEM										14,30%	14,30%	14,30%	14,30%	14,30%	14,20%	14,30%			
FACHADA PLATÉIA	36 PR (PR1 - PR20)																		
FABRICAÇÃO							16,65%	16,65%	16,65%	16,65%	16,65%	16,65%	16,65%	16,75%					
PINTURA/TRANSPORTE								16,65%	16,65%	16,65%	16,65%	16,65%	16,65%	16,65%	16,65%	16,75%			
MONTAGEM												14,30%	14,30%	14,30%	14,30%	14,30%	14,30%	14,20%	14,20%

5.1 DIMENSIONAMENTO DOS PERFIS E AQUISIÇÃO DE MATÉRIA-PRIMA (CHAPAS; TUBULARES)

Decorrente do projeto arquitetônico foi estabelecido, em conformidade com Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (NBR6120 - Cargas para cálculo de estruturas; NBR6123 – Força devido ao vento nas estruturas; NBR 8800 – Projeto e execução de estruturas de aço em edifícios; NBR 6118 – Estruturas de concreto armado), as cargas, sobrecargas, carregamentos acidentais e ações de vento com as respectivas combinações (previstas em norma técnica; função da inércia dos perfis e economicidade).

Optou-se por perfis tubulares quadrados tipo “box”, usados às treliças da estrutura de suporte à casca periférica de concreto jateado. Para fabricação das pré-lajes de apoio à arquibancada, submetida a esforços substanciais, optou-se por vigas de alma cheia, constituídas de chapas. Assim, foram definidas as seções dos perfis e calculado o quantitativo de matéria prima (tipo “box” = 95 t; chapas = 56 t), procedendo-se o levantamento/aquisição no mercado nacional em função dos custos operacionais (preço unitário agregado com o valor do frete e diferencial de ICMS; disponibilidade da entrega em função da observância do cronograma pré-estabelecido), assim iniciando-se a construção dos referidos perfis.

5.2 PLANEJAMENTO/EXECUÇÃO DE TRANSPORTE; EQUIPAMENTOS AUXILIARES E MANUAIS

O planejamento de transporte [opção da modalidade; análise/segurança da carga e trajeto (acessibilidade; gabarito rodoviário; qualidade do pavimento); limitações dimensionais (volume e peso); tipo de veículo (carga e rendimento/quantitativo de peças ou tonelada transportada); ritmo de embarque; logística de armazenamento para montagem)] foi essencial ao sucesso da execução da estrutura metálica, por conseguinte da viabilização da obra.

Ocorreu na sequência ao processo de fabricação (Lemos Metalúrgica Ltda., em Salvador - BA) transportada ao *locus* construtivo (Trancoso – BA), perfazendo cerca de 740 Km via rodovia e balsa (Porto Seguro para Arraial d’Ajuda – BA), [dois tipos de caminhões diesel, sendo um trucado [15 t; carroceria 7,8 x 2,4 m) e outro cavalo mecânico com semirreboque (27 t; carroceria 14,8 x 2,5 m)] (Figura 18). O elemento estrutural de comprimento superior a 12,0 m foi subdividido, sendo soldado no canteiro de obras.

Figura 18 – Caminhões [a) truck; b) cavalo mecânico] utilizados no transporte de peças metálicas



A definição dos equipamentos mecânicos de içamento (elevação através de cabos de aço, como ponta da lança e transferem o peso da peça para o guincho do equipamento) ou deslocamento horizontal (entre o centro da máquina e a projeção vertical, raio de operação determinado pelo comprimento e ângulo da lança) para montagem das peças metálicas exigem cuidados operacionais, os quais erros podem provocar colapso da estrutura ou riscos/acidentes de trabalho. Foram utilizados dois tipos de guindaste (Figura 19) [veicular (braço hidráulico telescópico montado sobre o chassis de caminhão junto à cabina do motorista para

carregamento e transporte) e hidráulico sobre caminhão (mudanças de comprimento e de ângulo da lança acionadas por hidráulico)].

Figura 19 – Guindastes [a) veicular; b) hidráulico sobre caminhão] utilizados para içamento e deslocamento horizontal de peças metálicas veicular



Utiliza-se equipamentos auxiliares para execução das ligações (parafusadas, soldadas ou mistas = especificações do projeto e procedimentos), tais como: i) Grupos Geradores: a diesel; utilizados na obra pela indisponibilidade de energia elétrica da concessionária, não atendendo ao consumo da obra; custo maior, sendo utilizados especificamente; ii) Compressores: equipamentos pneumáticos para fornecer ar comprimido; a diesel; montados sobre reboque; independem de energia elétrica; atendem máquinas de torque, esmerilhadeiras, escovas rotativas, furadeiras; guinchos pneumáticos, martelotes e equipamentos de pintura.

Foi montada uma sala de ferramentaria de uso manual, como: a) chaves de boca, de estria ou combinadas: utilizadas para pré-aperto de parafusos; b) nível de precisão: utilizado para auxiliar o nivelamento de bases e vigas; c) prumo: auxiliar na verticalização de colunas; d) nível e teodolito: determinar o nivelamento, prumo, alinhamento e dimensões; e) talha de alavanca: usada para aproximar duas peças; f) talha de cabo de aço (tirfor): utilizada para içamentos, aproximação de peças, estaiamentos e contraventamentos provisórios.

5.3 PROCESSOS DE SOLDAGEM/CORTE E ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

Procedeu-se a execução de emendas estruturais (fabricação/montagem) por soldagem manual com eletrodo revestido (SMAW – MMA) (abertura do arco elétrico, movimento do eletrodo, controle de fusão e remoção de escórias), sendo fator diferencial a formação (soldadores qualificados/certificados nas posições e tipos de juntas) e habilidade do operador(a). Diferentes revestimentos constam no Quadro 9.

Quadro 9 – Tipos e caracterização dos revestimentos de solda adotados na fabricação e montagem das peças metálicas do Teatro L'Occitane, em Trancoso – BA

Revestimentos	Características
Celulósico	Pequena espessura; alto teor de celulose; baixa produção de escória; grande penetração em relação a outros tipos de revestimento, em todas as posições; eletrodos particularmente recomendados para soldagem circunferencial de tubulações; na execução de passes de raiz, requer menos material de adição (boa penetração); exemplos: E6010, E6011, E7010 e E8010.
Rutilico	Eletrodos produzem cordões de excelente acabamento; revestimento contém rutilo (TiO ₂ - óxido de titânio); produz escória abundante de fácil remoção; fácil manipulação, podem ser utilizados em qualquer posição; bons resultados em condições adversas (ferrugem, operadores inexperientes e chapas finas); grande versatilidade (uso geral); exemplos: E7014, E7024 e E6013.
Básico	Eletrodos utilizados em aços de alta resistência mecânica (baixo teor de hidrogênio no arame); revestimento contém pó de ferro (produtividade superior aos outros eletrodos); indicados para aplicações de segurança (grandes espessuras e estruturas de elevado grau de rigidez); revestimento mais higroscópico, requer armazenamento em estufas após abertura das embalagens; exemplos: E7018, E7018-G, E8018 e E9018.

Considerando as condições climáticas de Trancoso – BA (alta umidade relativa do ar, ventos insalubres), os eletrodos demandaram especial manutenção e cuidados [ressecagem/manutenção (eletrodos básicos e rutilicos) - permanência de até duas horas em estufas com regulação até 350 °C; antes da entrega aos soldadores; sendo mantidos em estufas portáteis (cochichos) até utilização final].

O controle/garantia da qualidade integram a Especificação de Procedimento de Soldagem (EPS) (indicativas do número/voltagem/amperagem dos passes de solda, tipo/posição/execução da junta, espessura e tipo do eletrodo). As normas AWS (*American Welding Society*), da ASME (*American Society of Mechanical Engineers*) ou as especificações da API (*American Petroleum Institute*) foram adotadas na qualificação de procedimentos, constando no Registro de Qualificação de Procedimento (RQP). Adotou-se para inspeção dos procedimentos de soldagem na fabricação e montagem (norma AWS D1.1), realizado por pessoal qualificado, com Ensaio Não-Destrutivo (END's)³ (licitação/projeto) (Quadro 10). Foi adotado oxi-corte para o seccionamento das peças metálicas em fábrica e na montagem em campo na execução do Teatro L'Occitane, em Trancoso – BA.

³ Realizados nas soldas das estruturas em aço para verificar a qualidade das mesmas, detectando a presença, posição e extensão das descontinuidades. Não alteram as características das soldas ensaiadas, permitindo a qualidade conforme padrões estabelecidos (defeitos, localização, extensão e critérios de aceitação), aceitando-se ou reparando-se (ABNT, 2008).

Quadro 10 - Tipos de inspeções de soldas adotados na construção e montagem das peças metálicas do Teatro L'Occitane, em Trancoso – BA

Inspeções de soldas	Características
Visual	Método seguro, simples (desnecessário equipamento sofisticado); primeiro a ser executado; único capaz de melhorar a qualidade de fabricação e montagem, decrementando defeitos de soldagem; inicia antes do arco ser aberto (inspeção prévia limpeza das juntas de ligações; verificação de justaposição das peças; pré-aquecimento do metal base; sequência de soldagem; tratamento da raiz; ponteamto para fixações dos elementos; isenção de materiais que impeçam a soldagem adequada ou que produzam gases tóxicos na faixa de 50 mm de cada lado da solda; são observados: aspecto externo geral da solda, porosidades superficiais, presença de escória na superfície, mordeduras, respingos excessivos, trincas visíveis, falta de penetração quando visíveis pelo lado oposto, desalinhamentos, entalhe sem reforço ou mal preenchido e comprimento ou garganta de solda em desacordo com o projeto.
Líquido Penetrante	Aplicação de líquido (capilaridade) que revela através da superfície possíveis descontinuidades, como trincas ou porosidade omitidas ou muito pequenas na inspeção visual; procede-se a remoção do excesso de líquido penetrante e aplicação do revelador (absorve o líquido penetrante contido na descontinuidade); manchamento limitado nas descontinuidades superficiais detectadas; Incapacidade de revelação de descontinuidades fechadas para superficiais.

5.4 DIMENSIONAMENTO CONSTRUTIVO

Os equipamentos utilizados na instalação do empreendimento foram: além dos guindastes automatizados, nos locais de acesso restrito, houve a necessidade de serem construídos dispositivos transitórios de elevação como suporte para os tífors de 4,0 t devido à elevação das peças metálicas intermediárias. Foram ainda utilizados profissionais capacitados no manuseio e instalação da estrutura metálica, como serralheiros, montadores (instaladores), soldadores e encarregados de montagem que, por similaridade na instalação de diversas estruturas, puderam utilizar sua expertise na instalação desta obra tão singular e de soluções tão particulares.

O impacto destas soluções particulares promoveu um aumento de R\$ 12.681,06 no custo da instalação da estrutura metálica, correspondendo a um incremento na ordem de 6,54% neste componente da obra.

Com o acréscimo da espessura da casca para a opção concreto moldado “*in loco*”, foi produzido um volume de concreto adicional. Conseqüentemente, houve uma majoração das cargas na estrutura metálica, impactando num valor adicional ao custo total da estrutura metálica de R\$ 31.571,22 ou 2,23%.

Após a completa instalação da estrutura metálica que suportou a casca de concreto, a mesma foi revestida na sua totalidade com placas de Madeirit comum com espessura de 10,0 mm, servindo de fôrma e forro interno simultaneamente. Logo, o custo da desmoldagem destas placas não seria computado gerando, por conseguinte, uma economia da ordem de 3,53% do custo direto total do concreto jateado, além da redução de resíduos e descartes na obra em estudo (3.061,22 m²). Esta alternativa tecnológica de utilização de concreto jateado gerou uma redução de 1,64% em relação ao custo de transporte desta obra.

Para estabelecimento dos índices relacionados ao concreto, adotou-se como referência os traços de concreto para uso em obras (Quadro 11)

Quadro 11 - Traços de concreto utilizados como referências aos cálculos de comparação entre o concreto usinado in loco e *shotcrete*. Adaptado de Traços (2002)

Emprego ou Utilização	Resistência na compressão (kg/cm ²)	Traço em Volume	Consumo de... (material)... por m ³ de concreto							Fundo 35 x 45 (altura da padiola)		Número de Padiolas por saco de cimento			Fatores			Rendimento por saco de cimento (l/sc)	Traços em massa correspondentes
			Cimento (kg)	Areia Seca (l)	Areia úmida (l)	Brita 1 (l)	Brita 2 (l)	Água (l)	Areia (cm)	Brita 1 e 2 (cm)	Areia	Brita 1	Brita 2	Água/cim (l/kg)	Cim/água (kg/l)	Água/cim (l/sc)			
Obras de responsabilidade	254	1 : 2 : 3	344	486	622	364	364	210	28,7	33,6	2	1	1	0,61	1,84	50,50	145,50	1 : 2,17 : 2,94	
Estrutura de concreto armado	185	1 : 2 1/2 : 4	276	487	625	350	350	204	23,9	22,4	3	2	2	0,73	1,37	35,50	181,20	1 : 2,71 : 3,52	

Assim, foi inferido a partir dos traços recomendados (Quadro 11), o consumo de:

- areia para a utilização da modalidade do concreto convencional moldado “*in loco*” temos um consumo de 408,52 m³ em relação ao consumo de areia para a utilização da modalidade do concreto jateado shotcrete temos um consumo de 255,31 m³ a um custo de R\$ 89,54 por m³;
- brita (1 ou 2) à utilização da modalidade do concreto convencional moldado “*in loco*” temos um consumo de 257,16 m³, não se utiliza estes insumos para a modalidade do concreto jateado shotcrete;
- gravilhão/pó de pedra para a utilização da modalidade do concreto jateado houve um consumo de 174,49 m³, não se utiliza este insumo para a modalidade do concreto convencional moldado “*in loco*”.

Em relação ao tempo e mão de obra necessária à utilização do concreto jateado *shotcrete*, fora utilizado neste processo 06 (seis) pessoas, sendo: 02(dois) operadores do jato, 02(dois) serventes, 01(um) encarregado de obras e 01(um)

controlador de dosagem/qualidade num período de 45 (quarenta-e-cinco) dias, perfazendo um investimento em mão-de-obra na ordem de R\$ 39.937,50.

Adotando o processo comparativo, por inferência observa-se em sendo utilizado o concreto convencional moldado “*in loco*” seriam utilizadas 38 pessoas, sendo: 01(um) mestre de obras, 01(um) encarregado geral, 01(um) encarregado de carpinteiro, 04(quatro) carpinteiros, 01(um) encarregado de pedreiro, 08(oito) pedreiros e 22(vinte-e-dois) serventes num período de 75 (setenta-e-cinco) dias, a um custo desta mão de obra de R\$ 168.625,00.

Se a opção escolhida fosse à de concreto moldado “*in loco*”, o consumo de Madeirit seria 28,53% (3.934,58 m²) maior e haveria a necessidade de desmoldagem. Em consequência, o impacto ambiental seria substancialmente acrescido, visto que haveria maior consumo de matéria prima e necessidade de descarte dos resíduos gerados pela mesma. Ainda, em relação ao custo do item de transporte de resíduos haveria uma majoração de 4,37%.

Quanto à ferragem utilizada no concreto convencional moldado “*in loco*” estimando-se uma casca de 10 cm de espessura, seria necessário um acréscimo de 37,50%, correspondendo a um aumento de 16,84t de consumo de aço para esta opção construtiva, ou R\$ 65.412,87 de incremento.

Quanto ao volume utilizado no concreto convencional moldado “*in loco*”, estimando-se esta casca de 10 cm de espessura, se teria um acréscimo de 66,67 % sobre a espessura inicial de 6 cm, o que representaria um acréscimo para 204,12m³ de consumo de concreto total. Deve-se considerar também que a forma geométrica aumentaria substancialmente as perdas, e este valor seria majorado para 367,37 m³. Sob a ótica financeira, isto representaria um aumento de custo de R\$ 765.345,72 para R\$ 864.895,15, ou 11,51 %.

Para a realização do processo de concretagem, considerando a opção de concreto convencional moldado “*in loco*”, seria necessário, em vez da utilização de caminhões betoneiras, a instalação de uma central de usinagem de concreto na obra, elevando substancialmente os custos operacionais.

O Cimento Portland Branco se diferencia por coloração, sendo classificado em dois subtipos: estrutural e não estrutural. Adotou-se o subtipo estrutural, sendo este aplicado em concretos brancos para fins arquitetônicos com classes de resistência 25, 32 e 40 Mpa, similares às dos demais tipos de cimento. A cor branca é obtida a partir de matérias-primas com baixos teores de óxido de ferro e

mangânês, em condições especiais durante a fabricação, tais como resfriamento e moagem do produto e, principalmente, utilizando o caulim no lugar da argila. O índice de brancura deve ser maior que 78%, adequado aos projetos arquitetônicos mais ousados, conforme o estudo em análise.

As características técnicas do Concreto Estrutural até 40Mpa são: Classe de Resistência: Norma Brasileira - 40 Mpa (NBR- 12.989); Norma Européia - 52,5 Mpa (EN- 197-1); Resistência à compressão: (Norma Europeia EN- 196-1); Resistência à compressão 2 dias \geq 20 Mpa; Resistência à compressão 28 dias \geq 52,5 Mpa.

A aplicabilidade será eficientizada para concreto armado com função estrutural de desforma rápida, com cura acelerada por produto químico sendo descrito como Cimento Portland Branco (CPB) - (NBR 12989).

A utilização do cimento estrutural branco que fora utilizado no concreto jateado *shotcrete* impactou numa majoração de 48,93% de preço por saco de 50 kg em relação ao cimento Portland convencional, considerando o preço unitário por saco de 50 kg de cimento. Porém, devido às suas características de menor tempo de endurecimento do concreto (pega), referendou a escolha pela utilização do cimento estrutural branco devido à sua menor perda (50%), levando-se em consideração a forma geométrica da estrutura, chegando a ter concretagem (jateamento) negativo (sentido contrário à lei da gravidade). A título de exemplo, têm-se o teto da cobertura curvilínea da arquibancada superior do Teatro, além de ser 22% mais resistente mecanicamente, possibilitando, assim, a utilização de espessuras inferiores.

Considerando-se os traços de concreto observa-se que existe uma diferença de consumo de cimento de 2028 sacos de 50 kg de Cimento Portland Comum (custo de R\$ 25,44 por saco) para a utilização do concreto convencional moldado "*in loco*" e 1521 sacos de 50kg de Cimento Portland Branco Estrutural (custo de R\$ 37,89 por saco) utilizados para o concreto jateado *shotcrete*, esta diferença de custo entre os cimentos justifica-se pelo fato do Cimento Portland Branco Estrutural ser importado.

Soma-se aos fatores técnicos acima abordados a plasticidade arquitetônica que a utilização do cimento estrutural branco promove na obra de arte.

Em relação à hidratação do concreto convencional moldado "*in loco*", há uma economicidade de água considerável. Levando-se em conta 1,0 m² de projeção de área de concreto, tem-se o consumo de uma película de água de 5,0 mm de

espessura e sua hidratação deverá ser executada em intervalos periódicos de 8 horas durante um período mínimo de 14 dias, totalizando assim um volume de 210 l/m².

Para a área em estudo ser hidratada seriam necessários 642.857 litros de água. Como parte da estrutura é composta de superfícies curvilíneas negativas, se teriam perdas estimadas em 28%, elevando-se, desta forma, este consumo para 822.857 litros de água que foram economizados em função da opção escolhida em utilizar o concreto jateado *shotcrete*, e pelo fato deste não requerer o procedimento técnico de hidratação pós concretagem. Isto seria equivalente a 206 caminhões pipa de 4.000 litros, o que impactaria firmemente na logística do canteiro de obras, além da elevação do custo em R\$ 123.600,00 para este item. Os custos supracitados foram sumarizados no Quadro 12.

Quadro 12 - Sumário comparativo entre concreto usinado *in loco* e shotcrete

Elemento / Descrição do Custo	Concreto Convencional Moldado "in loco" (R\$)	Shotcrete (R\$)	Diferença entre Shotcrete e o Concreto Moldado "in loco" (R\$)	Variação %	Variação competitiva
Instalação de Estrutura Metálica	193.900,00	206.581,06	12.681,06	6,54%	Desvantagem da modalidade do Concreto Shotcrete em relação ao custo, porém vantagem em relação a solução técnica por conta da complexidade da forma geométrica arquitetônica, em se adotando o concreto comum em relação a solução adotada teria uma desvantagem pecuniária.
Custo Total da Estrutura Metálica	1.415.749,51	1.384.178,30	-31.571,22	-2,23%	Custo Total da Estrutura Metálica a menor na modalidade Shotcrete, em razão de redução de cargas para esta modalidade.
Custo Direto Total do concreto jateado pela exclusão da desmoldagem das fôrmas de madeirite	775.631,72	748.251,92	-27.379,80	-3,53%	Economicidade pela não necessidade da desmoldagem.
Custo de Transporte da obra com a utilização do concreto jateado, em razão da exclusão da desmoldagem das fôrmas de madeirite	329.268,00	323.868,00	-5.400,00	-1,64%	Economicidade pela não necessidade da desmoldagem e, conseqüentemente, não existiu geração de resíduos.
Consumo de Madeirite pela utilização do concreto moldado "in loco"	304.694,35	217.765,05	-86.929,30	-28,53%	Economicidade pela não utilização de fechamento perimetral das formas.
Custo de Transporte da obra com a utilização do moldado "in loco", incluindo a desmoldagem das fôrmas de madeirite	344.315,51	329.268,00	-15.047,51	-4,37%	Custo de Transporte a menor na modalidade Shotcrete, em razão da não utilização da desmoldagem das fôrmas de madeirite.
Custo da ferragem utilizada no concreto convencional moldado "in loco"	174.434,33	109.021,46	-65.412,87	-37,50%	Custo da Ferragem a menor na modalidade Shotcrete, em razão do aumento do consumo de aço necessário na modalidade Convencional Moldado "in loco".
Custo do concreto convencional moldado "in loco", considerando a utilização dessa opção	864.895,15	765.345,72	-99.549,43	-11,51%	Custo do concreto a menor na modalidade Shotcrete, em função do aumento da espessura da casca e aumento de perdas devido à complexidade da forma geométrica na modalidade Convencional Moldado "in loco".
Custo pela utilização do cimento estrutural branco em relação ao cimento Portland convencional (preço unitário por saco de 50 kg de cimento)	51.592,32	57.630,69	6.038,37	11,70%	Desvantagem da modalidade do Concreto Shotcrete em relação ao custo do saco de cimento, porém vantagem em relação a qualidade e plasticidade arquitetônica do produto utilizado.
Hidratação (822.857,00 litros)	123.600,00	Não se aplica	-123.600,00	-100,00%	Economicidade devido a não requerer o procedimento técnico de hidratação pós concretagem na modalidade jateamento shotcrete.
Areia (408,52 m3 para concreto moldado "in loco " e 255,31 m3 para concreto Jateado shotcrete)	36.578,88	22.860,46	-13.718,42	-37,50%	Custo da areia menor na modalidade Shotcrete, em função do traço/dosagem do concreto em relação à modalidade Convencional Moldado "in loco".
Brita 1 e Brita 2 (257,16 m3 para concreto moldado "in loco ", não se aplica para concreto Jateado Shotcrete)	20.655,10	Não se aplica	-20.655,09	-100,00%	Economicidade devido a não utilização destes insumos na concretagem na modalidade jateamento shotcrete.
Gravilhão/Pó de Pedra (174,49 m3 para concreto Jateado Shotcrete, não se aplica para concreto moldado "in loco ")	Não se aplica	16.135,09	16.135,09	100,00%	Economicidade devido a não utilização deste insumo na concretagem na modalidade Convencional Moldado "in loco".
Mão de obra necessária para a concretagem da casca curvilinear.	168.625,00	39.937,50	-128.687,50	-76,32%	Custo da mão de obra menor na modalidade Shotcrete, em função do número reduzido de pessoas (x06) com menor tempo de execução (45 dias) em relação ao número de pessoas (x38) com maior tempo de execução (75 dias) em relação à modalidade Convencional Moldado "in loco".
Total R\$	4.803.939,87	4.220.843,25	-583.096,62	-12,14%	Economicidade encontrada em relação aos diversos itens abordados na modalidade Jateamento Shotcrete na ordem de 12,14% em relação a modalidade Convencional Moldado "in loco".

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas condições de execução da obra conceitual do Teatro L'Occitane, no distrito de Trancoso, em Porto Seguro, na Bahia, constando a especificidade da complexidade da geometria arquitetônica de superfícies curvilíneas (alvenaria estruturante), concebida para integrar-se a paisagem local e funcionar como referência de grandes eventos de apresentação e formação de cultura (arte musical), dentro do programa Música em Trancoso, integrada e valorizando o calendário de eventos baianos, como fonte permanente de desenvolvimento pessoal e social, enfatizando os escopos cultural, socioeducativo, ambiental e econômico.

A concepção do arquiteto luxemburguês François Valentiny e execução por especificidades das V&S Engenheiros Consultores S/C (projeto estrutural metálico unifilar), Lemos Metalúrgica Ltda (projeto/execução estrutural metálico de fabricação e instalação), Consplan (construção civil) e HB Engenharia e Serviços Ltda. (execução do *shotcrete*), indicaram como solução técnica a utilização do *shotcrete* ou concreto jateado sobre esqueleto de perfis metálicos, em detrimento da utilização de concreto armado convencional.

Considerou-se a exequibilidade construtiva, baseando-se nos parâmetros empíricos adotados para análise, obtendo-se -12,14%, valor negativo que representa a eficiência de processos e minimização de impactos ambientais desfavoráveis, nas condicionantes técnicas de perfis negativos, leveza estrutural, moldabilidade, conforto termo acústico, menor período de execução (120 dias).

A exigência do detalhamento da alvenaria estruturante, a redução de carga estrutural, a precisão dimensional (mm), a redução de logística de canteiro de obra, menor geração de resíduos, em função da localização da obra, distante de centros de suporte de materiais e equipamentos, sendo preponderante não haver usinagem de concreto, restringindo o consumo de perfis metálicos, formas de madeira, areia e água; incorrendo no desuso de britas; concretagem, cura e desforma, decrescendo a movimentação de transportes, conseqüente consumo de combustível e emissão de CO₂, decrementando a emissão de gases do efeito estufa (GEE), prevaleceram na escolha de eficiência de *shotcrete* sobre perfis metálicos.

Salvo melhor informação, trata-se de alternativa pouco usual na Bahia e no Nordeste brasileiro, com funcionalidade de alvenaria estruturante, tornando-se referência como processo e demandando o estabelecimento formal de parâmetros

comparativos de eficiência construtiva, socioeconômica e ambientalmente adequada, ressaltando-se inclusive os custos de importação de cimento usado no *shotcrete*, bem como, possibilidade de fornecimento no Brasil, como mais uma alternativa de geração de renda e emprego.

Expecta-se que outros trabalhos de continuidade possam suprir a necessidade de investigação de traço do *shotcrete* para minimizar perdas no jateamento, porosidade no acabamento e trincas possibilitando processos de infiltração. Observou-se após 24 meses de conclusão da obra a presença de escurecimento (Figura 20), possivelmente causado por fungos e/ou limo na superfície externa, em decorrência da porosidade do *shotcrete* e condições de temperatura, umidade relativa do ar e salinidade alta de Trancoso-BA, precisando ser considerada as condições locais, solução de uso preventivo/corretivo de aditivos antifúngicos, considerar periodicidade de conservação e/ou fatores de restrição de uso desta solução.

Figura 20 - Escurecimento na superfície externa do alvenaria estruturante do Teatro L'Occitane, no distrito de Trancoso, em Porto Seguro, na Bahia



REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800/2008. Projeto de estrutura de aço e de estrutura mista de aço e concreto de edifícios.** Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ALMEIDA, Lutero Pröschooldt. **Em meio à arquitetura do Teatro de Trancoso: uma crítica a partir de uma análise subjetiva.** 2014. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/drops/14.080/5163>>. Acesso em: 27 dez. 2014 às 22h00.

AQUECIMENTO solar de água. Disponível em: <<http://www.ecocasa.com.br/produtos.asp?it=1111>>. Acesso em: 5 abr. 2011 às 22h00.

ARAUJO, M. A. **A moderna construção sustentável.** Disponível em: <<http://www.idhea.com.br/pdf/moderna.pdf>>. Acesso em: 22 ago 2015 às 22h15.

ATLAS de energia elétrica. **Energia solar.** 2.ed. Brasília: ANEEL, 2005. cap. 3, p. 29-42. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar\(3\).pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar(3).pdf)>. Acesso em: 9 abr. 2011 às 14h00.

BENEVOLO, L. **História da arquitetura moderna.** Trad. A. M. Goldberger. São Paulo: Perspectiva, 1994.

BIOARQUITETURA no Brasil. Disponível em: <http://www.entrepreneurstoolkit.org/index.php?title=Bioarquitetura_no_Brasil>. Acesso em: 9 abr 2011b às 11h00.

BIOARQUITETURA: foco no homem e no meio ambiente. 4 mar. 2006. Disponível em: <<http://www.portobello.com.br/contentId/3119>>. Acessado em: 9 abr. 2011a às 11h00.

BONSIEPE, G. **Teoria y práctica del diseño industrial.** Barcelona: Gustavo Gili, 1978.

BOTANA, M. L. C. **Construção verde:** orientada para o mercado, sem perder de vista o meio ambiente. Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=23&Cod=156>>. Acesso em: 9 abr. 2011 às 9h00.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei No 10.931, de 02 de agosto de 2004.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l10.931.htm>. Acesso em: 8 abr. 2011 às 17h30

BRUNA, P. **Arquitetura, industrialização e desenvolvimento.** São Paulo: Perspectiva, 1983.

CARDOSO, F. F. et al.. **Projeto e construção de edifícios de aço:** uso do aço na construção. São Paulo: EPUSP, 1988. (Publicação Técnica, v. 2)

CASTELLANI, T. C. et al.. Reciclagem de isopor® - alternativa de sustentabilidade. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA E PESQUISAS AMBIENTAIS (SETEPAM), 3., 2008, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SENAI, 2008. Disponível em: <http://www.sp.senai.br/portal/meioambiente/conteudo/reciclagem_isopor.pdf>. Acesso em: 9 abr. 2011 às 23h00.

CBCA. Mais Arquitetura. **Preciosa contemporaneidade:** o aço. abr. 2004. Disponível em: <<http://www.metlica.com.br/preciosa-contemporaneidade-o-aco>>. Acesso em: 25 dez. 2013 às 13h00.

CBCS Notícias. **Boletim Informativo do Conselho Brasileiro de Construção Sustentável.** 2013. Disponível em: <file:///C:/Users/Francisco%20Lemos/Downloads/cbcsnoticias_7ed%20final11.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2014 às 23h00.

CONCURSO Internacional Premia Projeto de Casa Popular Feita de Taipa de Pilão. 1 nov 2010. Disponível em: <http://www.recriarcomvoce.com.br/blog_recriar/tag/taipa-de-pilao/>. Acesso em: 9 abr. 2011 às 8h30.

CONSTRUBUSINESS 2010. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO, 9., BRASIL 2022: PLANEJAR, CONSTRUIR E CRESCER, 2010. São Paulo. **Anais...** São Paulo: FIESP/DECONCIC, 2010. 231 p.

COSTA, C. T. **O sonho e a técnica:** a arquitetura do ferro no Brasil. São Paulo: EDUSP, 1994.

COUTINHO, R. **A construção de novas soluções.** Disponível em: <<http://www.reciclasa.com/materiais.jsp>>. Acesso em: 9 abr. 2011 às 16h00.

CRONOLOGIA dos usos dos metais. Disponível em: <http://www.metlica.com.br/cronologia-do-uso-dos-metais>. Acesso em: 25 dez. 2013 às 12h00.

DAL BELO, S. As estruturas com perfis e painéis de aço a frio. **Revista Projeto**, São Paulo, n. 80 p. 114-5. out. 1995.

DEMETERCO, P. L. Um sistema construtivo industrial de edificações de baixo custo como agente de otimização da infraestrutura industrial nacional: o sistema-aço. In: SIMPÓSIO SOBRE O USO DO AÇO NA CONSTRUÇÃO, 1984, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: UFOP, 1984. p. 99-134.

ECIVILNET. **Concreto projetado:** visão geral. Disponível em: <http://www.ecivilnet.com/artigos/concreto_projetado.htm>. Acesso em: 22 ago. 2014 às 23h00.

ESTRUTURAS vagonadas em aço: concepção, dimensionamento e aplicações. Disponível em: <http://www.metlica.com.br/artigos-tecnicos/estruturas-vagonadas-em-aco-concepcao-e-dimensionamento-e-aplicacoes>. Acesso em: 25 dez. 2013 às 14h00.

FERRAZ, H. O aço na construção civil. **Revista Eletrônica de Ciências**, n. 22, out.-dez. 2003. Disponível em:

<http://www.cdcc.sc.usp.br/ciencia/artigos/art_22/aco.html>. Acesso em: 15 dez. 2013 às 21h30.

FERNANDES, M. **A taipa no mundo**. Coimbra: CEAUCP - Centro de Estudos Arqueológicos das Universidades de Coimbra e Porto/Instituto de Arqueologia. 2004. 9 p. Disponível em: <<http://www.google.com.br/#hl=pt-BR&source=hp&biw=1280&bih=666&q=maria+Fernandes&aq=0&aqi=g5g-s1g4&aql=&oq=Maria+Fernandes&fp=9a74aa515ab28f4b>>. Acesso em: 8 abr. 2011 às 19h00.

FERRAZ, H. **O aço na construção civil**. Disponível em: <<http://www.metlica.com.br/o-aco-na-construcao-civil>>. Acesso em: 25 dez. 2013 às 12h40.

FREIRE, C. **Histórico da estrutura metálica**. Disponível em: <<http://www.metlica.com.br/historico-da-estrutura-metalica>>. Acesso em: 25 dez. 2013 às 11h30.

GASPARIM, J. C. **Concreto projetado elaborado com cimentos especiais: análise segundo parâmetros de durabilidade**. 2007. 111 p. Dissertação (Mestrado)- Escola Politécnica. Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, 2007.

GÓES, F.; SAAVEDRA, V. **Vale e a história do aço no Brasil Eliezer Batista: o engenheiro que ligou a Vale ao resto do Mundo. 2013**. Disponível em: <<http://www.metlica.com.br/vale-e-a-historia-do-aco-no-brasil>>. Acesso em: 25 dez. 2013 às 11h05.

HELENE, P. R do L.; FIGUEIREDO, A. D. **Concreto projetado: o controle do processo de projeção**. São Paulo: EPUSP, 1993. 34 p. (Boletim Técnico BT/PCC/92).

IMPACTOS ambientais dos canteiros de obras. Disponível em: <<http://www.metlica.com.br/impactos-ambientais-dos-canteiros-de-obras>>. Acesso em: 25 dez. 2013 às 11h00.

LARA, M. **Primeiro alto-forno da América do Sul**. Disponível em: <http://www.uai.com.br/UAI/html/sessao_2/2008/06/15/em_noticia_interna,id_sessao=2&id_noticia=67365/em_noticia_interna.shtml>. Acesso em: 25 dez. 2013 às 12h40.

LED. Disponível em: <<http://www.lumilandia.com.br/ledes/ledes.htm>>. Acesso em: 12 abr. 2011 às 22h30.

MADEIRA Plástica. Disponível em: <http://www.patentesonline.com.br/madeira-plastica-150574.html>. Acesso em: 09 abr 2011a às 15h00.

MADEIRA plástica. Disponível em: <<http://www.ecocasa.com.br/produtos.asp?it=2222>>. Acesso em: 9 abr. 2011b às 15h00.

MADEPLAST inaugura fábrica. Disponível em: <http://www.coblog.com.br/blog/index.php?cb=madeplast>. Acesso em: 15 dez. 2011 às 16h00.

MARTINS, S. R.; IMBROISI, M. H. **Arte colonial**. Disponível em: <http://www.historiadaarte.com.br/artecolonial.html>. Acesso em: 8 abr. 2011 às 21h00.

MASSAFERA, D.; VIANA, G.; FARIA, G. de; VOLOCH, S. **Materiais recicláveis na construção civil**. Belo Horizonte: UFMG/DEMC, 2011. Disponível em: www.demc.ufmg.br/tec3/Materiasis%20Reciclados.ppt. Acesso em: 9 abr. 2011 às 17h00.

MENEZES, A. D. B. de. **Concreto projetado como revestimento de túneis na ferrovia norte-sul: análise segundo parâmetros de durabilidade**. 2010. 146 p. Dissertação (Mestrado)-Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Mecânica das Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal de Goiás. Goiania, 2010.

MÚSICA em Trancoso. Disponível em: <http://musicaemtrancoso.org.br/>. Acesso em: 20 jun. 2014 às 22h00.

NASCIMENTO, M. A. **Levantamento energético de edificações: estudo de caso na Universidade Federal da Bahia**. 2011. 201 p. Tese (Doutorado)- UFBA/CIEnAm, Salvador, 2011.

O SETOR siderúrgico. Disponível em: <http://www.metlica.com.br/o-setor-siderurgico>. Acesso em: 25 dez. 2013 às 11h10.

OLIVETI, R. C. **Energia, sustentabilidade e certificação na construção**. [201?] Disponível em: http://www.sp.senai.br/portal/refrigeracao/conteudo/sustentabilidadeenergiascertificacao%20C3%A7%C3%A3o_prof.roberto.pdf. Acesso em: 22 ago. 2014 às 22h35.

PERGUNTAS Frequentes. Disponível em: <http://www.ecowoodrio.com.br/perguntas-frequentes/>. Acesso em: 9 abr. 2011 às 15h30.

PINTO, T. de P. (Coord.). **Gestão Ambiental de Resíduos da Construção Civil: a experiência do SindusCon – SP**. São Paulo: Obra Limpa, SindusCon – SP. 2005. 48 p.

POR QUE Bambu. Disponível em: <http://www.bamstar.com.br/porque-bambu.php>. Acesso em: 12 ago. 2011 às 17h40.

PORTO Seguro. **A Cidade - Prefeitura Municipal de Porto Seguro**. Disponível em: http://www.portoseguro.ba.gov.br/home.php?destino=institucionais/cidade/a_cidade > Acesso em: 18 ago. 2014 às 23h30.

PROJETO e construção de edifícios de aço: o mercado do aço. São Paulo: EPUSP, 1988. (Publicação Técnica, v. 2)

PROPOSTA de Política Industrial para a Construção Civil – Edificações. São Paulo: FIESP/DECONCIC, out. 2008. Cad. 1, 169 p.

PRUDÊNCIO JÚNIOR, L. R. Concreto Projetado. In: ISAIA, Geraldo Cechella (Org.). **Concreto: ensino, pesquisa e realizações**. 1. ed. São Paulo: Iphis Editora e Gráfica, 2005. v. 2, p. 1227-1257.

RUIZ, A. G. **Eficiência energética na construção civil**. 2014. Disponível em: <<http://www.brasilengenharia.com/portal/noticias/noticias-da-engenharia/7653-eficiencia-energetica-na-construcao-civil>> Acesso em: 22 ago. 2014 às 23h30.

SALES, J. J. **Estudo do projeto e da construção de edifícios de andares múltiplos com estruturas de aço**. 1995. Tese (Doutorado)- Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1995.

SARROUF, L. **Ações de integração da cadeia produtiva da construção civil, no setor habitacional**: contribuição para o meio ambiente. 2006. 186 p. Dissertação (Mestrado)- Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente – Centro Universitário SENAC - Campus Santo Amaro. São Paulo, 2006.

SCHWARZBACH, L. L. C. **Bambus e taquaras**: avaliação e perspectivas de uso sustentável. 2008. 60 p. Dissertação (Mestrado)-Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo. Setor de Ciências Agrárias. Universidade Federal do Paraná, 2008.

TEATRO L'Occitane Trancoso. **Música em Trancoso**. Disponível em: <<http://musicaemtrancoso.org.br/teatro/>>. Acesso em: 11 nov 2014 às 23h30.

TEATRO de Trancoso é destaque internacional. Disponível em: em 27 dez 2014 às 10h00. <http://www.jornaldosol.com.br/?/noticia/35416/teatro-de-trancoso-e-destaque-internacional>. Acesso em:

TELHADO verde. Disponível em: <<http://www.ecocasa.com.br/produtos.asp?it=776149>>. Acesso em: 12 ago. 2011 às 21h45.

TERRASOLU. Disponível em: <<http://www.terrasolu.com.br/>>. Acesso em: 20 nov. 2011 às 17h00.

TINTA mineral natural. Disponível em: <<http://www.ecocasa.com.br/produtos.asp?it=2332>>. Acesso em: 9 abr. 2011 às 19h30.

TOMAZELLO FILHO, M.; AZZINI, A. estrutura anatômica, dimensões das fibras e densidade básica de colmos de **Bambusa vulgaris**, Schrad: IPEF, n. 36, p. 43-50, ago. 1987.

TOSCANO, J. W. Arte e ciência. **Revista Construção Metálica**, São Paulo, n. 4, p. 18-20, 1991.

TRAÇOS de concreto para uso em obras. Disponível em: <<http://www.geocities.ws/andrepcgeo/tabelatracos8B.htm>>. Acesso em: 25 dez. 2013 às <23h50.

VANTAGENS do sistema construtivo em perfil metálico. 2012. Disponível em: <http://www.jornaldiferente.com.br/index.php/arquitetura-e-engenharia/1882-vantagens-do-sistema-construtivo-em-perfil-metalico>>. Acesso em: Acesso em: 25 dez. 2013 às 10h49.

VARELLA, F. K. de O. M.; CAVALIERO, C. K. N.; SILVA, E. P. da. Energia solar fotovoltaica no Brasil: incentivos regulatórios. **Revista Brasileira de Energia**, Itajubá, v. 14, n. 1, p. 9-22, 1º sem. 2008.

VECCHIA, F. A. S. Cobertura Verde Leve (CVL): ensaio experimental. In: ENCAC/ELACAC, 2005, Maceió: **Anais...** 2005. p.2146-2155.

ZANETTINI, S. No problema habitacional o que falta é disposição política. São Paulo, **Revista Construção Metálica**, São Paulo, n. 5, p. 4-6, 1992.