

A SUSTENTABILIDADE DO AÇO E DAS ESTRUTURAS METÁLICAS

Déborah Liubartas

Graduanda em Engenharia Civil pelas Faculdades Metropolitanas Unidas, SP/Brasil
Faculdades Metropolitanas Unidas, SP/Brasil
dliubartas@gmail.com

Edson Assis Santos de Barros e Silva

Graduanda em Engenharia Civil pelas Faculdades Metropolitanas Unidas, SP/Brasil
Faculdades Metropolitanas Unidas, SP/Brasil
edson.silva@metrosp.com.br

Eutália Alves Martins dos Santos

Graduanda em Engenharia Civil pelas Faculdades Metropolitanas Unidas, SP/Brasil
Faculdades Metropolitanas Unidas, SP/Brasil
clgesso@ig.com.br

José Edilson da Silva

Graduanda em Engenharia Civil pelas Faculdades Metropolitanas Unidas, SP/Brasil
Faculdades Metropolitanas Unidas, SP/Brasil
clgesso@ig.com.br

Alexandre Formigoni

Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Paulista, SP/Brasil
Faculdades Metropolitanas Unidas, SP/Brasil
a_formigoni@yahoo.com.br

RESUMO

As estruturas metálicas são utilizadas largamente nos prédios e construções dos mais diversos tipos podendo ser em formas de barra ou contínua. O Desenvolvimento Sustentável é uma questão essencial hoje em dia com implicações em todos os setores da nossa sociedade. A indústria da construção desempenha um papel fundamental não só pela sua contribuição para a economia global como também pelos seus impactos significativos tanto em termos ambientais como em termos sociais. O aço é normalmente identificado como um material “amigo do ambiente” devido essencialmente ao seu potencial de reciclagem. No entanto, não são só os benefícios ambientais do aço que contribuem para os objetivos da construção, as estruturas metálicas apresentam características naturais que se coadunam com os requisitos da construção sustentável e que tornam este tipo de construção ideal na realização dos mesmos. Este trabalho apresenta os tipos de corrosão que produzem alterações prejudiciais nos elementos estruturais metálicos.

PALAVRAS-CHAVE: vigas de aço; corrosão; estruturas metálicas; sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

Nos países industrializados os recursos naturais disponíveis são consumidos a uma escala insustentável, particularmente no que diz respeito ao recurso a combustíveis fósseis não renováveis. Na União Europeia (UE) metade de todas as matérias-primas retiradas da superfície da terra são utilizadas na construção e mais de ¼ de todos os resíduos sólidos produzidos são provenientes da construção civil (MAYDL 2004). A Construção Sustentável foi definida pela primeira vez em 1994 por Charles Kibert, durante a Conferência Internacional sobre Construção Sustentável que teve lugar em Tampa, como “a criação e o planejamento responsável de um ambiente construído saudável com base na otimização dos recursos naturais disponíveis e em princípios ecológicos”. Habitualmente, a Sustentabilidade da Construção é definida em três dimensões: ecológica, económica e sociocultural. Uma metodologia para a avaliação da sustentabilidade de um sistema construtivo deve, portanto considerar as três dimensões referidas.

A construção sustentável, figura 1, implica na adoção dos princípios do desenvolvimento sustentável ao ciclo global da construção, desde a extração de matérias-primas até à sua demolição e destino final dos resíduos resultantes, é um processo que visa estabelecer um equilíbrio entre o ambiente natural e o ambiente construído.

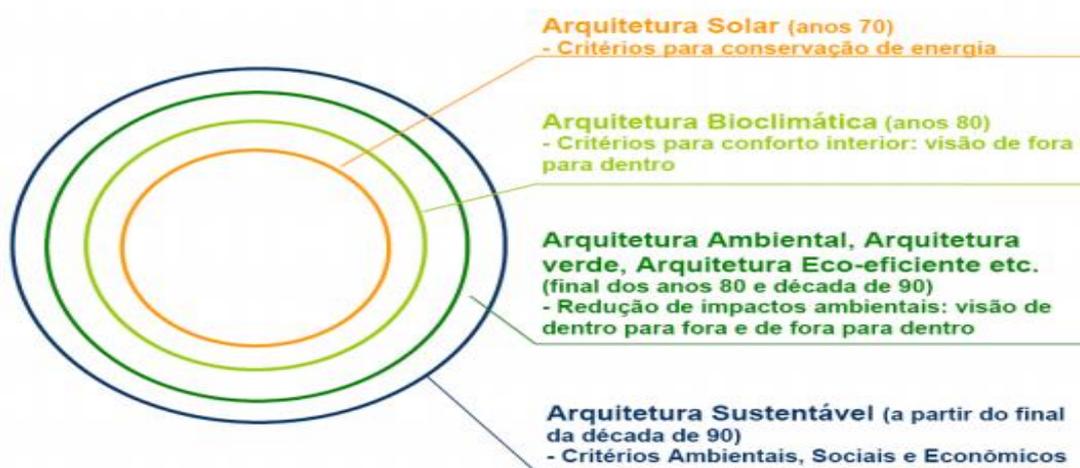


Figura 1 - Evolução da arquitetura e incorporação de novas problemáticas

Fonte: Zambrano, L, 2008.

A indústria da construção, sendo um dos principais responsáveis pela escassez dos recursos naturais e pela produção de resíduos, desempenha um papel fundamental no desenvolvimento sustentável global. Desta forma, para ser considerada uma indústria sustentável, tem pela frente um grande desafio, talvez maior do que em qualquer outro sector industrial. A União Europeia e a Comissão Europeia tem praticado grandes esforços no sentido de desenvolver e promover estratégias para minimizar os impactos ambientais provocados pela atividade da indústria da construção e pelo ambiente

construído, e simultaneamente melhorar as condições para a competitividade da indústria da construção. No contexto da Comunicação da Comissão Europeia sobre a competitividade da indústria da construção, os principais aspectos da sustentabilidade que afetam a indústria da construção foram identificados como sendo os seguintes: I) Materiais de construção amigos do ambiente - Aproximadamente 50% e todos os materiais extraídos da crosta terrestre são transformados em materiais e produtos para a construção;

II) Eficiência energética em edifícios – A construção, operação e consequente demolição de edifícios contabiliza aproximadamente 40% de toda a produção de energia e contribui para uma percentagem semelhante de emissões de gases com efeito de estufa;

III) Gestão de desperdícios da construção e/ou demolição – Os desperdícios da construção e demolição constituem a maior fonte de resíduos sólidos por peso da União Europeia. A necessidade de promover práticas e técnicas eco eficientes na indústria e de tornar mais eficiente a utilização e gestão dos recursos e dos resíduos, são assim requisitos fundamentais do desenvolvimento sustentável, e a indústria do aço desenvolve um papel de extrema importância neste sentido (COM 97).

REFERENCIAL TEORICO

As estruturas metálicas têm características que viabilizam sua utilização como: alta resistência do material nos estados de tensão de diversos tipos (tração, flexão, etc.); boa margem de segurança devido ao alto nível de homogeneidade das propriedades mecânicas do aço; impermeabilidade a água e ao gás; redução dos prazos de conclusão de obras; facilidade na desmontagem, substituição ou reparo da estrutura, reciclagem das estruturas. O principal defeito é a suscetibilidade a corrosão, o que requer que sejam cobertos com uma camada de tinta ou empregos de outros meios de proteção. A Construção Sustentável visa a minimização do consumo de recursos naturais e a maximização da sua reutilização, a utilização de recursos renováveis e recicláveis, a proteção do ambiente natural, a criação de um ambiente saudável e não tóxico e a procura de qualidade na criação do ambiente construído. De acordo com estes princípios são definidas as linhas gerais que conduzem a uma construção mais sustentável:

I) ter uma abordagem integrada de ciclo de vida do projeto considerando os fundamentos da construção sustentável, desenvolvendo soluções otimizadas (estética, custo, vida útil, manutenção, consumo de energia);

II) ter em consideração as qualidades ambientais dos materiais no projeto e no produto final; III) centrar a concepção funcional sobre a fase de exploração (longa vida útil, durabilidade dos componentes, flexibilidade da funcionalidade do edifício, bem como

na reabilitação e da facilidade de desconstrução das diversas componentes). Analisando as várias fases ao longo do ciclo de vida de uma estrutura metálica facilmente se identificam as vantagens deste tipo de estruturas relativamente a outros tipos de construções. De forma geral as estruturas metálicas são estruturas que implicam a pré-fabricação conduzindo desta forma a um processo de construção mais eficiente, a uma maior rapidez de construção e à minimização dos riscos e prejuízos a obra. Simultaneamente, sendo estruturas relativamente leves, conduzem à construção de fundações mais reduzidas, permitindo a preservação do solo de fundação e a redução da movimentação de terras. Dadas as características do aço, em termos de resistência e ductilidade, as estruturas metálicas permitem a construção de superfícies com grandes vãos livres, pilares mais esbeltos e fachadas mais leves. Assim, as estruturas metálicas permitem uma maior liberdade de imaginação na concepção da obra. Ao mesmo tempo, a existência de espaços amplos, livres de obstáculos interiores, facilita a alteração ou extensão da estrutura de forma a adaptar-se a novos requisitos funcionais ou estilos de vida. A existência de grandes superfícies envidraçadas, normalmente associadas a este tipo de construção, permite a realização de fachadas e coberturas mais transparentes, conduzindo a uma melhor gestão da luz natural e ao favorecimento da utilização da energia solar. Na fase final da vida útil das estruturas metálicas, e graças às características já enumeradas, é possível proceder-se ao desmantelamento de estruturas que já não são utilizadas e fazer a sua reconstrução em locais onde são necessárias. Além disso, se o destino final for mesmo à demolição, nesse caso poder-se-á proceder à reciclagem do aço. Note-se que o aço pode ser reciclado inúmeras vezes sem perder qualquer uma das suas qualidades, contribuindo assim para a minimização do consumo de recursos naturais e para a maximização da reutilização desses mesmos recursos (Lippi, Ivan Rodrigues, 1979).

A Produção do aço

O aço é produzido através de dois processos básicos – a partir de matérias-primas (minério de ferro, calcário e coque) em alto-forno ou a partir de sucata em forno elétrico de arco. Cerca de 60% do aço produzido atualmente é feito pelo primeiro processo, também conhecido por processo integrado. A produção do aço em alto-forno utiliza entre 25% a 35% de aço reciclado enquanto que na produção do aço em forno de arco elétrico essa percentagem é aproximadamente de 95%. A produção em forno de arco elétrico é por consequência mais fácil e mais rápida. Os aços utilizados na construção de pontes, viadutos e edifícios de estruturas metálicas são os chamados aços estruturais disponíveis no mercado sob forma de chapas, barras e perfis podendo ser agrupados em quatro categorias principais: aços carbono, aços de alta resistência e baixa

liga, aços carbono tratados a quente e aços liga tratados a quente. Os reconhecidos benefícios ambientais do aço são normalmente associados ao seu potencial de reciclagem. No entanto, a percentagem de material reciclado utilizado na produção de aço depende do respectivo processo de produção (Gervásio, H - 2008).

O aço oxida quando em contato com gases nocivos ou umidade, necessitando por isso de cuidados para prolongar sua durabilidade. A corrosão é um processo de deterioração do material pela ação eletroquímica ou química do meio, que produz alterações prejudiciais e indesejáveis nos elementos estruturais e que pode ser facilmente encontrada em obras metálicas. Sendo o produto da corrosão um elemento diferente do material original, a liga acaba perdendo suas qualidades essenciais, tais como resistência mecânica, elasticidade, ductilidade, estética, etc. Em certos casos quando a corrosão está em níveis elevados, torna-se impraticável sua remoção, sendo, portanto a prevenção e controle as melhores formas de evitar problemas (Gentil,2007)

A corrosão por processos eletroquímicos apresenta mecanismos idênticos sempre constituídos por regiões nas quais há a formação de ânodos e cátodos, entre as quais há a circulação de elétrons e no meio a circulação de íons. A perda de massa do material e a maneira pela qual se dá seu ataque se processará de diferentes maneiras, evoluções, tipo de corrosão, as características do ataque corrosivo e as formas de desgaste (A. C. Dutra, & L. P. Nunes).

Corrosão Eletroquímica: Este tipo de corrosão metálica ocorre quando há a presença de água. Nesse processo corrosivo estão envolvidos um condutor (metal) e um condutor iônico (eletrólito) em uma solução, tendo assim a formação de uma pilha com a circulação de elétrons na superfície metálica.

Corrosão Química: Esse processo de corrosão é também conhecido por oxidação. Ela acontece quando existe a ação de um agente químico sobre a superfície metálica. Nesse mecanismo de corrosão não há a necessidade da presença de água nem da troca de elétrons de uma superfície para a outra. Esse tipo de corrosão é favorecido em ambientes com temperaturas elevadas.

Corrosão Eletrolítica: Pode ser considerado também um processo de corrosão eletroquímica. Esse tipo de corrosão acontece quando há uma fuga de corrente proveniente de deficiência de isolamento ou aterramento.

Tipos de corrosão

Mais comum e facilmente controlável, a corrosão em estrutura metálica (Figura 2), consiste em uma camada visível de óxido de ferro pouco aderente que se forma em toda a extensão do perfil.



Figura 2 – Corrosão em estrutura metálica

Fonte: CESEC/UFPR, 1999

Esse tipo de corrosão caracteriza-se pela perda uniforme de massa e conseqüente diminuição da secção transversal da peça. Esse tipo de corrosão ocorre devido à exposição direta do aço carbono a um ambiente agressivo e à falta de um sistema protetor. Comumente, o sistema protetor pode se romper durante o transporte ou manuseio da peça, devendo ser rapidamente reparado, antes que ocorra a formação de pilhas de ação local ou aeração diferencial.

Prevenção e Controle: Dependendo do grau de deterioração da peça, pode-se apenas realizar uma limpeza superficial com jato de areia e renovar a pintura antiga. Em corrosões avançadas, deve-se optar pelo reforço ou substituição dos elementos danificados. Em qualquer caso é preciso à limpeza adequada da superfície danificada. A corrosão uniforme pode ser evitada com a inspeção regular da estrutura e com o uso de ligas especiais como o aço inoxidável. Sua localização é uma das mais simplificadas e permite que problemas sejam evitados quando se existe serviços de manutenção preventiva.



Figura 3 – Corrosão galvânica

Fonte: CESEC/UFPR, 1999

A Corrosão galvânica (Figura 3) ocorre devido à formação de uma pilha eletrolítica quando utilizados metais diferentes. As peças metálicas podem se comportar como eletrodos e promover os efeitos químicos de oxidação e redução. É fácil encontrar esse tipo de contato em construções. A galvanização de parafusos, porcas e arruelas; torres metálicas de transmissão de energia que são inteiramente constituídas de

elementos galvanizados, esquadrias de alumínio encostadas indevidamente na estrutura e diversos outros casos decorrentes da inadequação de projetos. Pode ocorrer do contato de telhas galvanizadas ou de alumínio com a estrutura, da criação de furos nas peças estruturais e fixação das telhas com parafusos galvanizados.

Prevenção e Controle: Ela é evitada através do isolamento dos metais ou da utilização de ligas com valores próximos na série galvânica. Uma forma muito utilizada é a proteção catódica, que consiste em fazer com que os elementos estruturais se comportem como cátodos de uma pilha eletrolítica com o uso de metais de sacrifício. Dessa forma, a estrutura funcionará como agente oxidante e receberá corrente elétrica do meio, não perdendo elétrons para outros metais. Ao lado, temos um exemplo de esquadria metálica afastada da estrutura por um material isolante.



Figura 4 – Corrosão por lixivação

Fonte: CESEC/UFPR, 1999

A Corrosão por lixivação (Figura 4), outra forma de ataque às superfícies, forma lamina de material oxidado e se espalha por debaixo dele até camadas mais profundas. O combate a essa floclulação é feito normalmente com tratamento térmico.

Já a Corrosão por Erosão ocorre em locais turbulentos onde o meio corrosivo se encontra em alta velocidade aumentando o grau de oxidação das peças. É possível encontrar esse problema em locais que contenham esgotos em movimento, despejo de produtos químicos (indústrias) ou ação direta de água do mar (portos, pontes e embarcações).

Prevenção e Controle: Ela pode ser diminuída por revestimentos resistentes, proteção catódica, redução do meio agressivo e materiais resistentes à corrosão.



Figura 5 – Corrosão por tensão
Fonte: ASTM, 2009

A Corrosão por tensão (Figura 5) é resultante da soma de tensão de tração e um meio corrosivo. Essa tensão pode ser proveniente de encruamento, solda, tratamento térmico, cargas, etc. Normalmente, regiões tensionadas funcionam como ânodos em relação ao resto do elemento e tendem a concentrar a cessação de elétrons. Com o tempo surgem microfissuras que podem acarretar um rompimento brusco da peça antes da percepção do problema.



Figura 6 – Corrosão por pontos
Fonte: CESEC/UFPR,1999

Altamente destrutiva, Corrosão por pontos (Figura 6) gera perfurações em peças sem uma perda notável de massa e peso da estrutura. Pode ser difícil de detectar quando em estágios iniciais, pois na superfície a degradação é pequena se comparada à profundidade que pode atingir. Ela ocorre normalmente em locais expostos à meios aquosos, salinos ou com drenagem insuficiente. Pode ser ocasionada pela deposição concentrada de material nocivo ao aço, por pilha de aeração diferencial ou por pequenos furos que possam permitir a infiltração e o alojamento de substâncias líquidas na peça.

Prevenção e Controle: Para se evitar esse ataque, as peças não devem acumular substâncias na superfície e todos os depósitos encontrados devem ser removidos durante as manutenções. A intervenção deve ser realizada com base no estado em que o processo corrosivo se encontra. Deve-se efetuar a limpeza no local e se a estrutura não estiver comprometida, pode-se cobrir o furo aplicando sobre ele um selante especial. É

importante a experiência do fiscal devido a possibilidade de se necessitar de uma intervenção mais complexa, com reforço da estrutura ou até mesmo substituição de peças.



Figura 7 – Corrosão por frestas

Fonte: Inspecaoequipto, 2014

Ocorrendo em locais que duas superfícies estão em contato ou muito próximas (0,025 a 0,1 mm), devido a tensão superficial da água. A Corrosão por frestas (Figura 7) se aloja nas fendas disponíveis e tende a causar pilhas de aeração diferencial, onde a concentração de oxigênio nas bordas é superior à concentração da área mais interna da fenda, fazendo dessa uma região anódica. Como consequência, o processo de corrosão se concentra na parte mais profunda da fresta, dificultando o acesso e o diagnóstico desse problema. Em geral, esse problema afeta somente pequenas partes da estrutura, sendo, portanto mais perigosa do que a corrosão uniforme, cujo alarme é mais visível.

Prevenção e Controle: Se a corrosão estiver em estágio inicial, pode-se recorrer à limpeza superficial, secagem do interior da fenda e vedação com um líquido selante, aplicando-se posteriormente um revestimento protetor. Se a corrosão estiver em nível avançado, torna-se necessário como nos outros processos o reforço ou substituição de peças.



Figura 8 – Corrosão por ranhuras

Fonte: CESEC/UFPR,1999

Todos os defeitos que contenham cantos vivos, locais para depósito de solução aquosa ou exposição do material não protegido, podem vir a apresentar a Corrosão por ranhuras (Figura 8). Por seu tamanho diminuto, as ranhuras muitas vezes passam despercebidas em manutenções e se tornam visíveis somente quando o material oxidado

aflora na superfície. Riscos, gretas, pontos parafusados entre outros são enquadrados nesse tema e recebem uma solução semelhante à corrosão por frestas.

Prevenção e Controle: É importante a limpeza da superfície danificada, removendo-se todas as impurezas do local. Por não serem em geral muito degradantes, essas ranhuras podem ser pintadas garantindo a interrupção da corrosão.

Graus de oxidação

Os graus de oxidação de superfícies de aço sem pintura estão definidos pelas normas internacionais ISO 8501-1 e SIS 055900 conforme tabela 1:

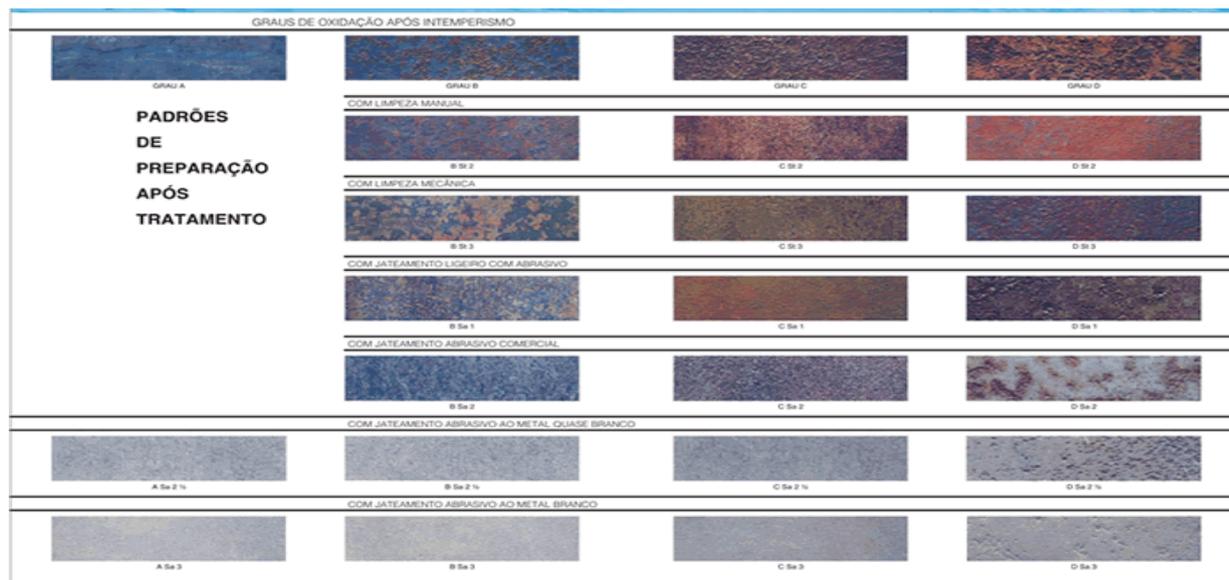


Figura 9 Graus de oxidação após intemperismo

Fonte: ancoblast

Grau A - Superfície de aço com a carepa de laminação intacta em toda a superfície e sem corrosão. Representa a superfície de aço recentemente laminada.

Grau B - Superfície de aço com princípio de corrosão e da qual a carepa de laminação tenha começado a desagregar.

Grau C - Superfície de aço da qual a carepa de laminação tenha sido eliminada pela corrosão ou possa ser retirada por meio de raspagem e que apresente pequenos alvéolos (pontos arredondados de corrosão).

Grau D - Superfície de aço da qual a carepa de laminação tenha sido eliminada pela corrosão e que apresenta corrosão alveolar de severa intensidade. Corrosão alveolar significa vários pontos (alvéolos) de corrosão distribuídos pela superfície da chapa de aço

Impactos ambientais provocados pela produção do aço

A indústria siderúrgica é uma indústria muito intensiva, tanto em termos de materiais como de energia. Mais de metade da grande quantidade de materiais e energia que entra no processo resulta na produção de efluentes gasosos e de resíduos

sólidos/subprodutos. As emissões mais relevantes para a atmosfera são de CO₂ e outros gases com efeito de estufa. Facilmente se entende que os processos de produção de aço referidos anteriormente conduzem a consumos de energia bastante diferenciados. Considerando, por exemplo, a produção de secções laminadas, enquanto que o consumo de energia na produção em alto-forno é de aproximadamente 29 GJ por tonelada de aço, na produção em forno de arco elétrico esse consumo é de cerca de 10 GJ, (IISI, 2002). Em consequência das diferentes percentagens de aço reciclado utilizadas nos processos de produção de aço, facilmente se poderá constatar que as correspondentes emissões de carbono e de outras partículas são também consideravelmente inferiores para o forno de arco elétrico, tornando este um processo mais eficiente em termos ambientais. Em cada tonelada de aço reciclado são poupadas 1.25 toneladas de minério de ferro, 630 kg de carvão e 54 kg de calcário (Spot, M 2002). Além do mais, de acordo com a figura 9, o processo de reciclagem requer menos energia, cria menos resíduos e provoca a emissão de menos quantidades de partículas poluentes do que a produção da mesma quantidade de aço a partir de matérias-primas.

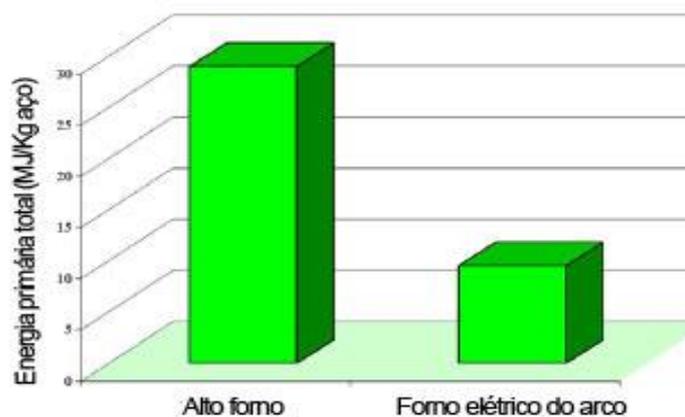


Figura 9 – Energia consumida por processo de produção do aço

Fonte: Fonte: IISI, 2002 apud Gervásio e Silva, 2008

Dentre as emissões de partículas poluentes destacam-se as emissões de CO₂ e outros gases com efeito de estufa. Neste caso, a produção de 1 kg de aço em forno de arco elétrico produz cerca de 460 gr de equivalentes de CO₂, enquanto que em alto forno a produção de igual quantidade de aço produz cerca de 2494 gr de equivalentes de CO₂. No gráfico da figura 10 estão representados alguns dos principais impactos ambientais provocados pela produção de uma tonelada de aço de acordo com cada um dos

processos

descritos

anteriormente.

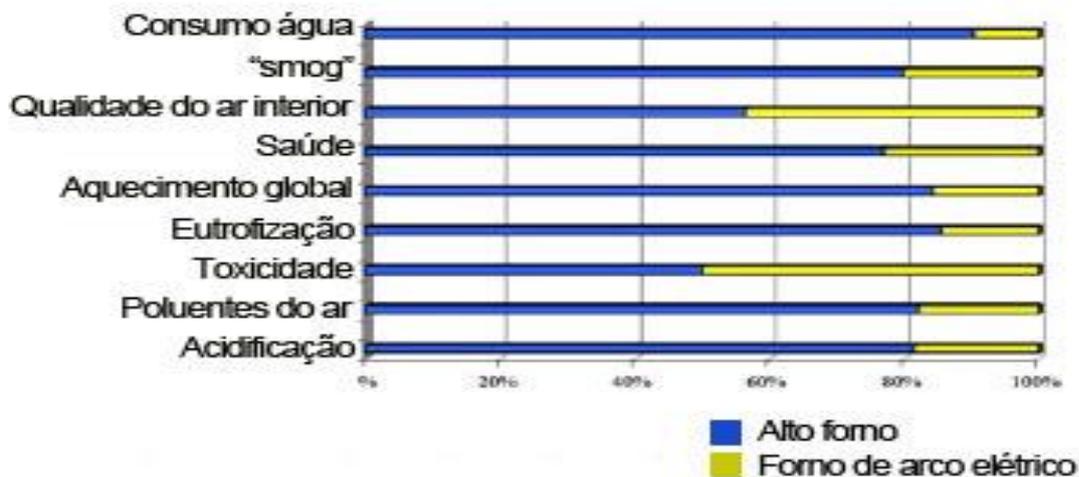


Figura. 10 – Impactos ambientais

Fonte: IISI, 2002 apud Gervásio e Silva, 2005

Na Figura 10 é possível comparar, em termos percentuais, os impactos ambientais gerados por cada um dos processos, donde facilmente se verifica o melhor desempenho ambiental da produção em forno de arco elétrico.

Estratégias para a preservação

Com o objetivo de tornar o aço em um material mais ecológico e “amigo do ambiente”, as grandes siderurgias mundiais estão implementando várias medidas no sentido da preservação ambiental. Os aspectos de maior preocupação são a diminuição do consumo de energia e a redução da emissão de gases com efeito de estufa (ex. dióxido de carbono). Nas siderurgias a emissão de dióxido de carbono é o fator mais preocupante, no entanto, a indústria de produção do aço está determinada em reduzir a emissão destes gases e em tornar mais eficientes os seus processos de produção. Com este objetivo, têm sido desenvolvidos diversos programas de investigação em todo o mundo; o programa europeu ULCOS (Ultra Low CO₂ Steelmaking) tem como principal objetivo o desenvolvimento de novas formas de produção de aço com reduzidas emissões de gases com efeito de estufa. Outras medidas têm sido desenvolvidas tais como tecnologias com recurso a percentagens mínimas de carbono (carbon-light) combinadas com a captação e armazenamento de CO₂ e recurso a energias alternativas como gás natural, hidrogênio, biomassa e eletricidade. De qualquer forma, no que diz respeito ao consumo de energia e as emissões de CO₂.

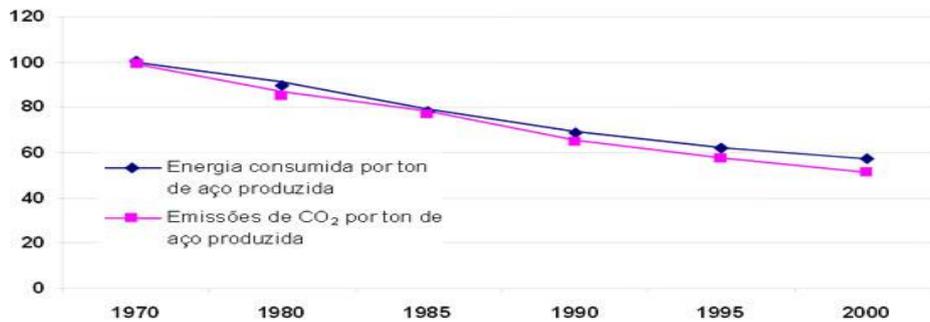


Figura 11 – Resultado da diminuição da energia e emissão de CO₂

Fonte: EUROFER, EUROSTAT apud Gervásio e Silva, 2005

São bem visíveis na Figura 11 os resultados positivos alcançados pela indústria de produção do aço na União Europeia entre 1970 e 2000.

FERRAMENTAS PARA A AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE

As características das estruturas metálicas enumeradas nos parágrafos anteriores são popularmente reconhecidas. No entanto, a dificuldade surge com a necessidade de se traduzir a análise qualitativa da sustentabilidade de estruturas metálicas para uma análise quantitativa. Atualmente existem duas metodologias básicas para a análise da sustentabilidade do ambiente construído: sistemas de classificação ambiental e análises ambientais de ciclo de vida. Os primeiros são sistemas voluntários de avaliação da sustentabilidade principalmente aplicáveis a edifícios e que conduzem, na maior parte das vezes, a emissão de um certificado ambiental de acordo com os critérios definidos nesse sistema. Estes sistemas baseiam-se numa série de critérios qualitativos e quantitativos, os quais são avaliados e classificados com créditos e conduzem a um resultado final que corresponde a soma ponderada dos créditos obtidos. Sistemas deste tipo estão presentes em diversos países, destacando-se, por exemplo, o sistema LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) nos Estados Unidos da América, e no Reino Unido o sistema BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method). Por outro lado, uma Análise de Ciclo de Vida (ACV) de um sistema construtivo consiste na compilação e avaliação de todos os fluxos (entradas e saídas) e dos potenciais impactos ambientais ao longo do seu ciclo de vida. O termo “ciclo de vida” refere-se às diversas fases ao longo do ciclo de vida do sistema construtivo, desde a sua construção, utilização, manutenção, e demolição final; incluindo a aquisição de matéria-prima necessária para a fabricação dos diversos materiais. Ambas as metodologias apresentam vantagens e limitações. Por exemplo, enquanto que num sistema de classificação ambiental é possível atribuir créditos à adaptabilidade de um edifício face a novos requisitos funcionais, numa ACV a consideração deste critério é muito complicada. Por outro lado, uma ACV é uma análise mais completa que permite ter em conta os balanços ambientais existentes entre

as diversas fases ao longo do ciclo de vida de um sistema construtivo, o que permite, por exemplo, ter em consideração a alocação da reciclagem do aço no fim de vida de uma estrutura. A ACV é a metodologia escolhida para a avaliação da sustentabilidade nos casos práticos que são apresentados, resumidamente, nos parágrafos seguintes e é regulada por normas internacionais como a série ISO 14040 de Gestão Ambiental

- ISO 14040: Princípios e Estrutura
- ISO 14044: Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Requisitos e orientações
- ISO TR 14047: Exemplos para a aplicação da ISO 14042
- ISO TS14048: Formato da apresentação de dados
- ISO TR 14049: Exemplos de aplicação da ISO 14041 para definição de objetivos e escopo e análise de inventário

Avaliação da Sustentabilidade

Neste item é resumidamente apresentado um caso prático no qual é feita uma análise comparativa em termos de sustentabilidade, entre uma estrutura metálica em conjunto com um método alternativo de construção e o método tradicional. Em ambos os casos, o método construtivo alternativo é em concreto armado (Betão) já que este continua a ser o método tradicional de construção. Como já referida, a utilização de aços provenientes de processos de produção diferentes conduz a impactos ambientais muito diferenciados. Para avaliar as diferenças em termos de impactos ambientais foi realizado um caso prático (Gervásio e Silva, 2005). Neste estudo foi feita uma análise comparativa entre as duas soluções estruturais para uma obra de arte. A ideia original adotada pelo projetista consistia numa solução em concreto armado (Betão) com dupla viga em caixão.

A proposta alternativa foi definida por uma solução mista, composta por duas vigas metálicas de alma cheia e uma laje de concreto solidarizada com as vigas, funcionando em conjunto. Em ambos os casos as soluções satisfazem os requisitos dos Euro códigos relevantes em cada caso, e foi assumida uma vida de serviço de 50 anos. O desempenho ambiental de ambas as soluções foi avaliado com base numa análise de ciclo de vida, com base nas normas internacionais ISO, série 14040 (ISO14040, 2006; ISO14044, 2006) e com recurso ao programa de análise BEES (Lippiatt, 2002). Na análise de inventários foram quantificados todos os inputs (quantidade de matérias primas, quantidades de água e energia) e outputs (emissões de partículas para a atmosfera, terra e água) correspondentes a todas as fases de produção, desde a extração de matérias primas até ao produto final pronto para ser transportado do local fabricado até

a área de utilização. As fases seguintes não foram consideradas na análise por não haver, na literatura disponível, dados suficientes e credíveis para a sua quantificação.

Todos os dados relativos aos diversos materiais construtivos, com exceção do aço estrutural, foram obtidos da base de dados do programa BEES. No caso do aço, os dados foram obtidos do International Iron and Steel Institute (IISI, 2002). A avaliação de impactos foi efetuada com base na metodologia desenvolvida pela Society for Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) (Lippiatt, 2002). Desta análise resultaram onze índices, os quais estão representados no gráfico da figura. 12, para cada uma das soluções estruturais. No gráfico estão representados além dos resultados obtidos para a solução inicial em betão, os resultados obtidos para a solução mista admitindo três cenários diferentes para a origem do aço estrutural. Assim, no primeiro cenário considerou-se que o aço utilizado seria inteiramente produzido em alto-forno, no segundo cenário a produção seria integralmente em forno de arco eléctrico, e finalmente no terceiro cenário considerou-se uma situação em que 50% do aço fornecido seria produzido pelo primeiro processo enquanto que os outros 50% seriam produzidos pelo segundo processo. Desta forma, na primeira coluna está representado o resultado ambiental total obtido para a solução em betão. Comparando este resultado com o resultado obtido para a solução mista, assumindo-se a origem integral do aço do forno eléctrico, representa-se na terceira coluna, observa-se que a solução mista apresenta claramente um resultado ambiental muito superior à primeira (31%). Os resultados para a solução mista assumindo a produção integral em alto forno (pior caso possível) agravam em cerca de 23% os resultados obtidos para a solução em betão. Finalmente, na quarta coluna está representado o resultado obtido para o cenário composto por 50% de cada processo de produção, e que seria o caso mais realista no caso de haver incerteza relativamente à origem do aço. Neste caso, o resultado é superior a solução em betão em apenas 4%.

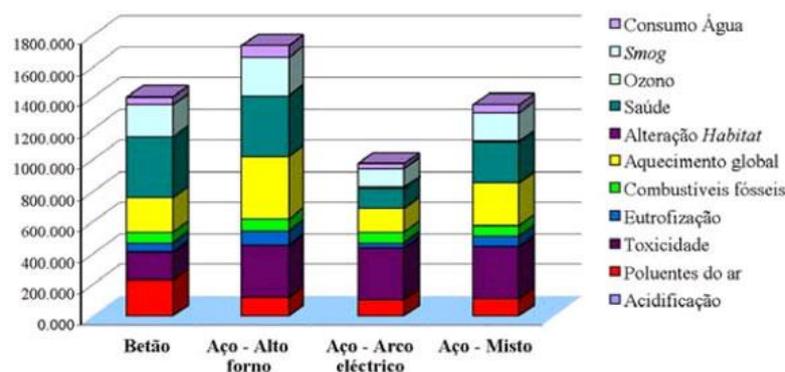


Figura 12 – Resultado da performance ambiental
Fonte: IISI, 2002

CONCLUSÃO

A indústria da construção é responsável, direta ou indiretamente, por uma proporção bastante significativa de impactos ambientais, os quais podem comprometer a médio ou longo prazo a qualidade de vida das gerações futuras. Nesse contexto, a construção estruturada em aço é uma das alternativas sustentáveis por aliar velocidade, qualidade e racionalização, além de retirar do canteiro de obras diversas atividades precárias e artesanais. Uma das prioridades do setor da construção deve ser o de desenvolver e fornecer soluções inovadoras com vista à minimização deste problema. As estruturas metálicas apresentam inúmeras vantagens para sua utilização, entre elas: material resistente a choques e vibrações, execução de obras limpas, possibilidade de desmontagem e reaproveitamento de peças estruturais facilitadas pelas conexões aparafusadas ou soldadas e, alta resistência, tornando-as mais leves possibilitando vencer grandes vãos. É difícil encontrar todos os aspectos de sustentabilidade no mesmo ambiente e nem todas as empresas estão preparadas para lidar com esta questão, inclusive os fabricantes, que não possuem toda informação necessária para avaliar o grau de sustentabilidade de seus produtos. São conhecidos diversos modos de evitar corrosões, porém, para cada tipo existe um método que melhor se aplica. Em geral, os processos de prevenção exigem investimento financeiro e são realizados com as peças ainda em ambiente industrial. Outros meios, como revestimento, são feitos em obra e também garantem a qualidade da peça. Devido ao grau de abrangência, magnitude e complexidade, já se percebe um movimento por profissionais multidisciplinares em busca de subsídios para auxiliar aos agentes envolvidos na indústria da construção, a incorporação do conceito de sustentabilidade ambiental nos processos de concepção de projeto e execução de obras onde o foco principal não é somente a estética. Cabe salientar também algumas desvantagens como: limitação no comprimento conforme os meios de transporte, necessidade de tratamento anticorrosivo, mão de obra e equipamentos especializados. Devido as características naturais do aço, as estruturas metálicas permitem a otimização dos recursos naturais e a obtenção de um ambiente construído mais racional e eficaz, contribuindo para uma construção sustentável e segura do ponto de vista estrutural e favorável a criatividade para variados tipos de formatos, no ponto de vista arquitetônico.

REFERÊNCIAS

Dutra, A. C., & Nunes, L. P. (1987). *Proteção catódica – Técnica de combate à corrosão*. Rio de Janeiro: Editora Técnica.

American Society for Testing and Materials (ASTM) E8. de <http://www.astm.org/Standards/E8.htm>

Ancoblast - www.ancoblast.com.br

Bragança, L. (eds.), Improvement of Building's Structural Quality by new Technologies - COST C12 Final Conference Proceedings, Balkema, Leiden, pp. 527-536.

Castro, E. M. C. (1999). *Patologia dos Edifícios em Estrutura Metálica*. Dissertação. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG, Brasil.

Centro de Estudos de Engenharia Civil da Universidade Federal do Paraná, (2013). Texto CESEC/UFPR. Recuperado em 20 abril, 2013 de www.cesec.ufpr.br/metallica/patologias/cuidados%20em%20projetos/cuidados%20em%20projetos.htm

EC.Europa. (1997). Communication from the European Commission. –“The Competitiveness of the Construction Industry”. COM (97)539, 1997 de <http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/construction/files/compet/>.

Eurofrt. (2013). Eurostat tex. Recuperado em 20 maio, 2013, de <http://www.oecd.org/sti/ind/47853751.pdf>.

Gervásio e Simões da Silva, (2005). "Sustainability and life-cycle assessment of steel-concrete composite plate girder bridges: A case study", Proceedings of the 4th European Conference on Steel and Composite Structures, Maastricht, Holanda, pp. 4.6-61 a 4.6-69.

Gervásio, H., Silva, L. S., & Bragança, L. (2005). "Sustainability assessment of new construction technologies: a comparative case study". São Paulo: AA Bakera,

Gentil, V. (2007). Corrosão, Livros técnico e científicos Corrosão (5ª ed.). Rio de Janeiro: Guanabara Dois.

Gervásio, H. (2008). Construmetal. Recuperado 22 de abril, 2013, de www.construmetal.com.br/2008/downloads/.../27_Helena_Gervasio.

Inspecaoequipto. (2013). Texto. Recuperado em 10 maio, 2013 de inspecaoequipto.blogspot.com.br/2014/01/caso-055-corrosao-por-fresta-em.html

International Iron and Steel Institute - (IISI), (2002). "World Steel Life Cycle Inventory – Methodology Report 1999/2000", Committee on Environmental Affairs.

International Standard 14040. (2006). "Environmental Management – LCA – Principles and Framework".

International Standard 14044. (2006). Environmental management - Life cycle assessment Requirements and guidelines. Recuperado em 20 de http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=38498

ISO 14040. (2013). Gestão Ambiental. Recuperado em 2013 de www.qualidade.esalq.usp.br/fase2/iso14000.htm

K. Mukhanov (1980). "Estruturas Metálicas § 2" São Paulo: Editora MIR-Moscou.

- Lippi, I. R. (1979). *Estrutura de Aço e suas aplicações (1º fascículo)*. São Paulo: Biblioteca do Metrô”.
- Lippiatt, B., (2002). *BEES 3.0 Building for Environmental and Economic Sustainability Technical Manual and User Guide-NISTIR 6916*. Gaithersburg/MD: National Institute of Standards and Technology.
- Maydl, P., (2004). *Sustainable Engineering: State-of-the-art and Prospects*. *Structural Engineering International*, 14(3), 176-180.
- National Center for Biotechnology Information. (2013). *Tex*. Retrieved from www.ncbi.nlm.nih.gov/PMC1869546/.
- Norma ISO 8.501-1, – Preparation of Steel Substrates before application-1988.
- Norma SIS-05-59 00, - Pictorial Surface Preparation Standards for painting steel surfaces – 1967.
- Society of Environmental Toxicology and Chemistry – Setac - de www.setac.org.
- Spot, M., (2002). “The application of structural steel to single-family residential construction”, Surrey, B.C.: Node Engineering Corp.
- Zambrano, L. (2008). *Integração dos princípios da sustentabilidade ao projeto de arquitetura*. Universidade Federal de Juiz de Fora, MG, Brasil.

SUSTAINABILITY OF STEEL AND STEEL STRUCTURES

ABSTRACT

The metal structures are broadly used on buildings and constructions of all kinds that can be in bar forms or continuous form. Nowadays, the Sustainable Development is an essential issue with implications for all sectors of our society. The construction industry performs a vital role not only for their contribution to the economy but also for their meaningful environmental impacts and in social terms. Steel is a material commonly identified as "environmentally friendly" mainly due to its potential for recycling. However, not only are the environmental benefits of steel that contribute to the goals of building, metal structures with natural features in line with the requirements of sustainable construction that make this type of construction unbeatable in their realization.

KEYWORDS: steel beams, metal structures, sustainable development.

SOSTENIBILIDAD DE ACERO INOXIDABLE Y ESTRUCTURAS

RESUMEN

Las estructuras metálicas son ampliamente utilizados en edificios y estructuras de todo tipo pueden ser en forma de barra o continuo. Desarrollo sostenible es un tema clave hoy con implicaciones para todos los sectores de nuestra sociedad. La industria de la construcción juega un papel fundamental no sólo por su contribución a la economía mundial, sino también por la significativa tanto en términos ambientales como en términos de los impactos sociales. El acero es un material comúnmente identificado como "el medio ambiente", principalmente debido a su potencial para el reciclaje. Sin embargo, no sólo son los beneficios ambientales de acero que contribuyan a los objetivos de la construcción de estructuras metálicas tienen características naturales que son consistentes con los requisitos de la construcción sostenible y para hacer este tipo de construcción ideal de realización.

PALABRAS CLAVE: las vigas de acero, estructuras de acero sostenibilidad.