



Esta obra está sob o direito de
Licença Creative Commons
Atribuição 4.0 Internacional.

BREVE ANÁLISE COMPARATIVA EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO E ESTRUTURAS METÁLICAS

Everton Silva Rodrigues
Anderson Laursen¹

RESUMO

O atual cenário da construção civil é marcado por uma enorme competitividade e, como consequência deste fato, a cada dia um novo material ou método construtivo é lançado, aumentando ainda mais a diversidade deles. Por este motivo é fundamental ter o conhecimento das propriedades e características de cada um deles antes de escolher quais serão utilizados para a execução de um projeto. Através de pesquisa em livros, artigos e publicações especializadas, o presente trabalho tem o intuito de mostrar uma comparação entre as duas estruturas mais utilizadas no mundo, as estruturas de concreto armado e as estruturas metálicas, através de uma análise da viabilidade estrutural e econômica entre elas, ressaltando as características mais marcantes de cada uma, assim como suas vantagens e desvantagens, seus impactos ambientais e suas propriedades sustentáveis. Como resultado dessa análise comparativa foi possível determinar se um tipo de estrutura é melhor que o outro, ou se essa escolha depende do tipo de projeto, das necessidades do mesmo e também das necessidades do cliente.

Palavras-chave: Estrutura; Concreto Armado; Metálica

¹ E-mail: anderson.laursen@professores.unifavip.edu.br

INTRODUÇÃO

Para que uma construção se materialize é imprescindível compreender a importância e a necessidade dos materiais constituintes de todas suas etapas. Tanto a concepção, o projeto, a obra em si e a manutenção, são pensadas e executadas em função desses materiais. Quando se tem o conhecimento das propriedades e características dos inúmeros materiais de construção, isso converge ao adequado emprego dos mesmos, nas várias situações que os profissionais podem se deparar.

Com a nova concepção das vantagens das estruturas de aço, como maior resistência, menor peso da estrutura, capacidade de suportar maiores vãos, perfis estruturais mais esbeltos e maior área útil, esse sistema construtivo está tornando-se bastante utilizado, pois elimina limitações intrínsecas de outros métodos construtivos e possibilita a elaboração de projetos mais ousados e inovadores viabilizados pela liberdade de criação e de execução.

Apesar de todas as vantagens da estrutura metálica, o uso do concreto armado predomina no Brasil, pois a mão de obra para esse tipo de sistema construtivo tradicional é mais abundante e financeiramente mais barata, além de o custo da estrutura de concreto armado também ser mais em conta do que a do aço.

Em uma construção a estrutura tem como propósito garantir a forma espacial

idealizada assegurando integridade à edificação durante sua vida útil. Por isso, toda construção, de pequeno ou grande porte, exige uma estrutura suporte, que por sua vez necessita de um projeto, de um planejamento e de uma execução própria.

Além disso, as estruturas são primordiais para a preservação da segurança e da solidez de uma edificação, visto que são elas que absorvem e transmitem os esforços. Assim sendo, elas são consideradas as partes mais resistentes de uma construção e são compostas por elementos estruturais que, quando combinados, dão origem aos sistemas estruturais.

Contudo, o custo é apenas um dos parâmetros que compõem o orçamento total de uma obra. Dependendo da sua finalidade e urgência, o prazo é outra referência importante. Desse modo, há vários fatores que devem ser comparados para a escolha do sistema construtivo mais adequado a cada caso. Ademais, as empresas procuram, cada vez mais, um custo-benefício preciso que é delimitado por diversos fatores como custos dos materiais, da mão de obra e o tempo de execução que são únicos para cada obra e tornam essencial o estudo da escolha do tipo de estrutura e do método construtivo.

Visto que tanto a estrutura de concreto armado quanto a estrutura metálica são muito utilizadas na construção e que, dependendo do tipo de obra, uma estrutura pode ser mais recomendada que a outra, é muito importante conhecer bem as características de cada uma.

CONCRETO ARMADO

Segundo Clímaco (2016, p. 34) concreto armado é o “material estrutural composto pela associação do concreto e barras de aço nele inseridas, de modo a constituir um sólido único do ponto de vista mecânico, quando submetido a ações externas”. Araújo diz que em virtude da baixa resistência à tração do concreto (cerca de 10% da resistência a compressão), as barras de aço cumprem a função de absorver os esforços de tração na estrutura, e também aumentam a capacidade de carga das peças comprimidas (ARAÚJO, 2014, p. 1).

Entende-se que o concreto armado é a combinação do concreto e do aço que, graças às compatibilidades física e química que ocorrem entre eles, resulta em um trabalho solidário. Como compatibilidade física pode-se citar as deformações durante as variações térmicas, uma vez que as deformações de ambos são bem próximas. Já com relação à compatibilidade química, há uma boa aderência entre o aço e o concreto que é garantida através de ligação mecânica que, por sua vez, é propiciada pela rugosidade das barras de aço.

Muito embora o concreto armado seja empregado em larga escala na construção civil mundial, a sua aplicação pioneira não ocorreu neste segmento. Tem-se que:

A primeira publicação sobre Cimento Armado (denominação do concreto armado até mais ou menos 1820) foi do francês Joseph Louis Lambot.

Presume-se que em 1850 Lambot efetuou as primeiras experiências práticas do efeito da introdução de ferragens numa massa de concreto. Em 1854, Lambot já executava construções de “cimento armado” com diversas finalidades. Imerso em estudos sobre o concreto armado e motivado por problemas com a manutenção de canoas de madeira utilizadas para lazer em um pequeno lago existente em sua propriedade em Miraval, no Var Sul da França Lambot tem a ideia de construir um barco de concreto. (CONCRETO, 2008).

As qualidades do concreto como, por exemplo, durabilidade, boa resistência à compressão, ao fogo e à água, aliadas as qualidades do aço, como ductilidade e alta resistência à tração, permite construir elementos com relativa rapidez e facilidade, com formas e volumes variados e para diferentes tipos de obra.

Segundo Bastos (2006), desde que o aço tenha o correto cobrimento e seja adequadamente envolvido pelo concreto, ele fica protegido contra a corrosão e altas temperaturas provocadas, por exemplo, por um incêndio.

Figura 1: Concreto Armado





O bom resultado na aderência pode se dizer que é por atrito, mecânica e aderência por adesão. Conforme Pinheiro (2010):

A adesão é o resultado de ligações físico-químicas estabelecidas no campo de interação dos dois materiais, no período de pega do cimento; o atrito é percebido ao se processar a extração da barra de aço do volume de concreto envolvente, onde está forma de atrito depende do coeficiente de atrito entre aço e concreto, que está relacionado à rugosidade superficial da barra, e decorrem da pressão transversal existente e exercida pelo concreto sobre a barra, e também pela retração do concreto; a aderência mecânica decorre da presença de nervuras ou entalhes na superfície da barra, efeito este que também pode ser encontrado em barras lisas devido à irregularidades próprias geradas no processo de laminação destas, as nervuras e entalhes tem como finalidade aumentar a aderência da barra ao concreto melhorando a atuação conjunta destes.

Vale ressaltar que, as barras de aço inseridas nas peças de concreto, são chamadas armadura passiva, e seu objetivo é unicamente resistir tensões provenientes das ações atuantes, sem adicionar nenhum esforço extraordinário a peça e trabalhando somente quando solicitadas. (CLÍMACO, 2016)

O concreto armado possui vantagens em relação a outros materiais estruturais, como: “economia; facilidade de execução em diversos tipos de formas; resistência ao fogo, aos agentes atmosféricos e ao desgaste mecânico; praticamente não requer manutenção ou conservação; permite facilmente a construção de estruturas hiperestáticas.” (LEONHARDT, apud ARAÚJO, 2014, p. 2)

ELEMENTOS ESTRUTURAIS EM CONCRETO ARMADO

De acordo com Porto e Fernandes (2015) o concreto utilizado na construção civil é um misturado de material granulado graúdo, como pedra britada, pedregulhos rolados e granulados pequenos, como areia natural ou área artificial, além de água e aditivos, como aceleradores, fibras, corantes e cimento.

Embora o concreto simples apresente uma resistência apropriada à compressão, quanto à tração sua resistência é muito restrita. Assim, quando é preciso obter “[...] resistência aos esforços de compressão e tração, associa-se o concreto a materiais que apresentem alta resistência à tração, resultando no concreto armado (concreto e armadura passiva) ou protendido (concreto e armadura ativa)” (PORTO; FERNANDES, 2015, p. 18).

Ressalta-se que as classes, bem como os dados acerca do concreto são normalizados pelo item 8.2 da ABNT NBR 6118:2014; as fórmulas para os cálculos mais usuais das resistências pelo item 12 da ABNT NBR

6118:2014, assim como o aço de armadura passiva pelo item 8.3 e o aço de armadura ativa pelo item 8.4 da mesma norma ABNT (NBR 6118, 2014). Além disto, as definições de

concreto estrutural são normalizadas pelo item 3.1 da ABNT NBR 6118:2014 e seus subitens.

Figura 2: Correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto

Concreto ^a	Tipo ^{b, c}	Classe de agressividade (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	CP	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,45
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40
	CP	≥ C25	≥ C30	≥ C35	≥ C40

^a O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655.
^b CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado.
^c CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

ESTRUTURAS METÁLICAS

Estruturas metálicas são estruturas formadas por associação de peças metálicas ligadas entre si por meio de conectores ou soldas. De acordo com a Associação Brasileira de Construção Metálica (ABCEM), o uso de estruturas de aço cria melhores condições para se vencer grandes vãos, o que permite a elaboração de projetos arquitetônicos arrojados, devido à alta resistência mecânica desse tipo de estrutura.

Figura 2: estrutura metálica



Pfeil (2009, p. 1) afirma que, “[...] dos aços para estruturas são requeridas propriedades de boa ductilidade, homogeneidade e soldabilidade, além de elevada relação entre a tensão resistente e a de escoamento.”. As propriedades mecânicas do aço são medidas, por diversas vezes, em ensaios de tração simples.

Os aços estruturais são fabricados conforme as características mecânicas e/ou químicas desejáveis no produto final. A escolha do tipo de aço a ser utilizado em uma estrutura será determinante no dimensionamento dos elementos que o compõem.

Ainda segundo Pinheiro (2005), as principais propriedades dos aços estruturais são:

- Ductilidade: capacidade do material de se deformar sob a ação de cargas;

- Fragilidade: oposto da ductilidade. Os aços podem ter características de elementos frágeis em baixas temperaturas ambientes;
- Resiliência: capacidade do material de absorver energia mecânica em regime elástico;
- Tenacidade: capacidade do material de absorver energia mecânica com deformações elásticas e plásticas;
- Dureza: resistência ao risco ou abrasão;
- Fadiga: resistência a carregamentos repetitivos.

Para Bonafé ([2017]), para que não ocorra sub ou superdimensionamentos, um projeto arquitetônico composto por peças metálicas exige precisão no cálculo estrutural. Além disso, é necessário que o tipo de material mais adequado a ser utilizado seja definido após análise do local da obra.

O tipo de material a ser escolhido para realizar a estrutura de uma obra, como já dito, é uma etapa muito importante do projeto e requer uma série de considerações para que seja eleito o material mais vantajoso. Os principais quesitos a serem analisados são: tipo de obra (pequeno, médio ou grande porte) e sua finalidade, tempo disponível para sua realização, verba e arquitetura. São por esses motivos que é essencial que se conheça as principais vantagens e desvantagens, nesse caso, da estrutura de concreto armado e da estrutura metálica.

[...] economia, facilidade de execução e adaptação a qualquer tipo de forma (o que proporciona liberdade arquitetônica), excelente solução para se obter uma estrutura monolítica e hiperestática (maiores reservas de segurança), resistência a efeitos atmosféricos, térmicos e ainda a desgastes mecânicos, manutenção, conservação praticamente nulas e grande durabilidade (PORTO; FERNANDES, 2015, p. 18).

Quanto à durabilidade das estruturas de concreto armado Porto e Fernandes (2015) destacam que elas devem seguir todos os critérios previstos no projeto que necessariamente precisa ter considerado as condições do ambiente, para que possam garantir a estabilidade e a segurança requeridas ao longo de toda a sua vida útil.

Desvantagens

Entre as desvantagens do concreto armado como elemento estrutural incluem-se: “[...] peso próprio elevado (da ordem de 2,5 t/m³), baixo grau de proteção térmica e isolamento acústico e fissuração da região tracionada, podendo está, no entanto, ser controlada por meio da utilização de armadura de tração” (PORTO; FERNANDES, 2015, p. 18).

O item 13.4 da NBR 6118:2014 (ABNT, 2014 apud PORTO; FERNANDES, 2015, p. 49) alerta que as fissuras são inevitáveis em razão da baixa resistência aos esforços de tração apresentada pelo concreto armado. Por isso deve-se preocupar com o fato

de elas não serem excessivas, para não comprometerem a durabilidade do elemento ou reduzirem a segurança. Dois são os fatores causadores de fissuras nos elementos de concreto armado:

- a) “[...] as propriedades reológicas do concreto fresco (retração do concreto em razão de seu processo de cura)” (PORTO; FERNANDES, 2015, p. 49), contra as quais devem ser empregadas providências apropriadas de tecnologia de concreto;
- b) “[...] as tensões causadas pelas solicitações impostas” (PORTO; FERNANDES, 2015, p. 49-50), que requerem a realização de um perfeito dimensionamento para detalhar de

modo eficiente as armaduras transversais.

Observa-se portanto, que é possível conhecer as classes de agressividade ambiental e os valores-limite da abertura peculiar das fissuras que garantem a proteção contra a corrosão, cujos principais fatores que a ocasionam são: “[...] a espessura do cobrimento, permeabilidade do concreto, características das fissuras, como abertura, extensão, profundidade e duração na qual permanecem abertas” (PORTO; FERNANDES, 2015, p. 50).

O cálculo do valor da abertura máxima característica (W_k) é normalizado pela NBR 6118:2014, item 17.3.3.2.

Figura Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das Classes de Agressividade Ambiental.

Tipo de concreto estrutural	Classe de agressividade ambiental (CAA) e tipo de protensão	Exigências relativas à fissuração	Combinação de ações em serviço a utilizar
Concreto simples	CAA I a CAA IV	Não há	–
Concreto armado	CAA I	ELS-W $w_k \leq 0,4$ mm	Combinação frequente
	CAA II e CAA III	ELS-W $w_k \leq 0,3$ mm	
	CAA IV	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	
Concreto protendido nível 1 (protensão parcial)	Pré-tração com CAA I ou Pós-tração com CAA I e II	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	Combinação frequente
Concreto protendido nível 2 (protensão limitada)	Pré-tração com CAA II ou Pós-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação frequente
		ELS-D ^a	Combinação quase permanente
Concreto protendido nível 3 (protensão completa)	Pré-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação rara
		ELS-D ^a	Combinação frequente

Porto e Fernandes (2015) alertam quanto às ações físicas, como as oscilações da temperatura e a ação d'água e as ações químicas, como águas ácidas, cloretos e sulfatos que afetam a durabilidade das estruturas de concreto.

Em relação a isto, reforça-se que a NBR 6118:2014 trata a agressividade

ambiental em seu item 6.4 onde estabelece que “6.4.2 Nos projetos das estruturas correntes, a agressividade ambiental deve ser classificada de acordo com o apresentado na Tabela 6.1 [...]” (ABNT NBR 6118:2014, p. 17) e considerada a correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para $\Delta c = 10$ mm.

Tabela 1: correspondência em ter a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal.

Tabela 7.2 – Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para $\Delta c = 10$ mm

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV ^c
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje ^b	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo ^d	30		40	50
Concreto protendido ^a	Laje	25	30	40	50
	Viga/pilar	30	35	45	55

^a Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.

^b Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal ≥ 15 mm.

^c Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.

^d No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.

Outras desvantagens do concreto armado:

- Peso próprio elevado;
- Tempo de execução demorada: o concreto exige um tempo de cura que paralisa algumas etapas da obra, o qual pode ser considerado como um tempo morto;
- Transmite calor e som;
- Reformas e adaptações são de difícil execução e caras;
- A estrutura é executada in loco e por isso demanda vários materiais diferentes que, por sua vez, necessitam de um canteiro de obras organizado onde serão armazenados;

- Requer vários profissionais na obra: armadores, carpinteiros, pedreiros e ajudantes.

Estrutura metálica das vantagens

A partir de Fakury; Castro e Silva & Caldas (2016) é relevante discorrer sobre as vantagens advindas da utilização do aço como material estrutural. Os autores as subdividem em sete variáveis, conforme apresentadas a seguir.

1. Elevada resistência: entre todos os materiais estruturais o aço é o que detém o maior índice de resistência e isto permite que os elementos estruturais produzidos a partir dele tenham menores dimensões em sua seção transversal do que os demais materiais. Fakury; Castro e Silva & Caldas (2016) recomendam a utilização de estruturas de aço nas obras onde é preciso vencer grandes vãos ou nos casos em que as condições do solo forem desfavoráveis para a fundação, pois as estruturas metálicas são mais leves.
2. Elevada ductilidade: os elementos estruturais de aço são dotados de alta ductilidade, devido à deformação na ruptura do aço situar-se entre 15% e 40% e isto os torna resistentes nos pontos de alta concentração de tensões que se distribuem por todo o elemento. Eles também são resistentes a impactos. (FAKURY; CASTRO e SILVA; CALDAS, 2016).
3. Alto grau de confiança: devido ao aço ser um material isotrópico e homogêneo suas características mecânicas são bem definidas e isto lhe confere um elevado grau de confiança. Deste modo, no cálculo estrutural o seu coeficiente de ponderação da resistência reflete e lhe atribui um coeficiente consideravelmente menor do que o do concreto.
4. Canteiro de obras menor, limpo e organizado: numa obra onde são usados apenas elementos estruturais de aço o canteiro de obras torna-se menor, mais limpo e seguro. Ainda que haja necessidade de utilizar elementos estruturais mistos que requeiram possíveis fôrmas para concreto ou escoramentos e reduzem parcialmente este ganho a organização e a limpeza podem ser facilmente mantidas.
5. Facilidade de reforço e ampliação: em uma obra onde foram utilizados perfis de aço ou vigas mistas é possível reforçá-la ou ampliá-la com facilidade.
6. Reciclagem e reaproveitamento: como visto antes, atualmente, em todo o mundo, o aço é um dos materiais mais recicláveis e mais reciclados. Em obras, onde elementos estruturais de aço foram utilizados, quando necessário substituí-los pelo vencimento da vida útil ou retirá-los por obsolescência, podem ser sucateados, reprocessados em siderurgias e convertidos em novos produtos. Em especial, em se tratando de estrutura metálica, cujas ligações forem realizadas por parafusos, esta pode ser reaproveitada.
7. Rapidez de execução: a montagem da estrutura metálica, devido ao fato de suas peças serem pré-fabricadas em dimensões exatas, pode ser realizada com muita rapidez, inclusive, não sendo prejudicada pela adversidade do tempo, como as chuvas.

DESVANTAGENS

Sobre os cuidados relacionados à utilização do aço Fakury; Castro e Silva & Caldas (2016) afirmam que, assim como os demais materiais, sua utilização requer cuidados e principalmente em relação à corrosão e ao seu comportamento em situação de incêndio.

Ainda sobre as desvantagens da estrutura metálica:

- Mão de obra pouco abundante no Brasil: a estrutura metálica requer uma mão de obra mais qualificada e, conseqüentemente, mais cara que a utilizada para a construção de estruturas de concreto armado;
- Limitação de execução em fábrica, em função do transporte até o local de sua montagem final;
- Necessidade de tratamento superficial das peças contra oxidação (corrosão), devido ao contato com ar atmosférico e contra chamas;
- Necessidade de equipamentos especializados para sua fabricação e montagem;
- Custo mais alto que a do que a de concreto armado, sendo sua vantagem econômica relacionada principalmente à diminuição do prazo da obra;
- Desembolso em curto prazo: como a fabricação e a montagem são rápidas, o desembolso com a estrutura acaba sendo rápido também;
- Necessidade de um grau de precisão muito maior nos cálculos de pré dimensionamento, visto que a rigidez

de cada peça e muito menor que as equivalentes em concreto.

ESTRUTURA METÁLICA

O principal impacto ambiental causado pela utilização de estrutura metálica se refere ao processo de produção do aço, que pode ser feito a partir de matérias primas (minério de ferro, calcário e coque) em alto-forno ou a partir de sucata em forno elétrico de arco. Ambos os processos utilizam aço reciclado, sendo que o primeiro citado utiliza entre 25% a 35% enquanto que para o seguinte essa porcentagem sobe para aproximadamente 95% (GERVASIO, 2008).

Na produção do aço as emissões mais significativas são aquelas emitidas para a atmosfera, principalmente a emissão de CO₂ e outros gases de efeito estufa. Neste caso, a produção de uma tonelada de aço em forno elétrico de arco gera cerca de 460 kg de equivalentes de CO₂ (GERVASIO, 2008), ao passo que a produção da mesma quantidade em alto forno, em média no mundo, produz cerca de 1,9 toneladas de equivalentes de CO₂ (WORLDSTEEL ASSOCIATION, 2017).

Segundo Gervasio (2008) o aço é comumente apontado como um material “amigo do ambiente” devido principalmente ao seu potencial de reciclagem. Não obstante, além dessa característica sustentável, há outras que também merecem ser destacadas como a reciclagem, a economia de materiais e diminuição dos impactos, a flexibilidade, e a economia de energia.

CONCLUSÃO

Para finalidades práticas, no que se refere a esse artigo, conhecer as principais características da estrutura de concreto armado e da estrutura metálica, tornando possível fazer uma comparação entre elas. Por exemplo, com relação ao custo de execução, a estrutura de concreto armado sai em vantagem, pois é mais barata. Um dos motivos para tal é que a mão de obra necessária para sua concepção requer menos especialização, o que a torna mais abundante e menos onerosa.

Na edificação utilizando o sistema de estruturas metálicas obteve resultados que comprovam a eficiência da estrutura evidenciando algumas características como a redução do peso total da edificação, se comparado a edificação em concreto armado. Fundamentando a eficiência do sistema construtivo em estudo. Embora seja ainda pouco utilizado em comparação ao concreto armado, o aço estrutural mostra-se como uma excelente alternativa dentre as opções disponíveis no mercado, unindo uma estrutura leve e um bom custo-benefício.

Concreto armado	Estrutura metálica
Adaptabilidade: fácil modelagem. Permite construir elementos com as mais variadas formas e volumes;	Alta resistência do aço em comparação com outros materiais.
Disponibilidade: o material e as ferramentas necessárias são facilmente encontrados;	O aço é um material homogêneo de produção controlada.
Boa resistência aos esforços dinâmicos (choques e vibrações) – os problemas de fadiga são menores;	As estruturas são produzidas em fábricas por processos industrializados seriados, cujo efeito de escala favorece a menores prazos e menores custos.
Boa resistência ao fogo, desde que a armadura seja protegida por um revestimento mínimo adequado de concreto;	Os elementos das estruturas metálicas podem ser desmontados e substituídos com facilidade e permitem também reforço quando necessário.
Boa resistência à água, desde que receba um tratamento adequado para tal;	A possibilidade de reaproveitamento do material que não seja mais necessário à construção.

Tabela 2: Comparativo das vantagens de cada sistema construtivo.

Portanto, a solução estrutural deve ser adotada em razão dos benefícios que ela irá trazer para o projeto. A opção entre a estrutura de concreto armado e a estrutura metálica só pode ser decidida de forma racional após a verificação conjunta de todas as condições que influenciam a organização dos espaços e os interesses do cliente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. NBR 8800: **Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2008.
- ABNT. NBR 6118 - **Projeto de estruturas de concreto** - Procedimento. [S.l.]: [s.n.], 2014.
- AECWEB. **Concreto armado é solução durável e econômica**. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/concreto-armado-e-solucao-duravel-economica_6993_0_1>. Acesso em 1 jul.2017
- ARAÚJO, J. M. D. **Curso de concreto armado**. 4ª. ed. Rio Grande: Dunas, v. I-IV, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO METÁLICA. **Manual da Construção Industrializada: conceitos e etapas**. Vol.1. Agência Brasileira de Desenvolvimento da Indústria, 2015.
- BANDEIRA, A.A.C. **Análise do Uso de Estruturas de Aço em Edificações Habitacionais de Interesse Social**. Belo Horizonte, 2008.
- BASTOS, P.S.S. **Histórico e Principais Elementos Estruturais de Concreto Armado**. Bauru, 2006.
- BENTO, R.C. **Análise do Desempenho Ambiental de Estruturas de Concreto Armado**: uso da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) no processo decisório do dimensionamento. São Carlos, 2016.
- BELLEI, I. H.; PINHO, F. O.; PINHO, M. O. **Edifícios de múltiplos andares em aço**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2008.
- BUDHU, M. **Fundações e estruturas de contenção**. [Tradução e revisão técnica]: Luiz Antonio Vieira Carneiro, Maria Esther Soares Marques. Rio de Janeiro: LTC, 2017.
- CARVALHO, Roberto Chust; FIGUEIREDO FILHO, Jasson Rodrigues de. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado**: segundo a NBR 6118:2014.4 ed. São Carlos: EduSCar, 2016.
- CLÍMACO, J. C. T. D. S. **Estruturas de concreto armado**. 3ª. ed. Rio de Janeiro: UnB; Elsevier, 2016.
- DIAS, L. A. D. M. **Estruturas de aço: conceitos, técnicas e linguagem**. 1. ed. São Paulo: Zigurate, 1997.
- FUSCO, P. B. **Tecnologia do concreto estrutural**: tópicos. 1. ed. São Paulo: Pini, 2008
- GERVÁSIO, H.M. **A Sustentabilidade do Aço e das Estruturas Metálicas**.2008.
- HELENE, P. **40 Perguntas – Materiais, componentes e sistemas construtivos**: Revista Técnica, nº 162. Ed. PINI, 2011.
- PFEIL, W.; PFEIL, M. **Estruturas de aço**. 8ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009
- PORTO, T. B.; FERNANDES, D. S. G. **Curso básico de concreto armado**. 1ª. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.
- QUEIROZ, G.; PIMENTA, R. J.; MARTINS, A. G. **Estruturas mistas**. 2ª. ed. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, v. I, 2012.