

# TECNOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES II

Renata Frechiani Dalla Bernardina

INFRAESTRUTURA

# TECNOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES II

Renata Frechiani Dalla Bernardina

INFRAESTRUTURA



## **Autora**

**Renata Frechiani Dalla Bernardina**

Graduada em Engenharia Civil pela Universidade de Brasília (UnB). É especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Estácio de Sá. Possui experiência em processos formativos em Educação Ambiental pelo Ministério do Meio Ambiente. Atualmente, é consultora em Engenharia Civil e Engenharia de Segurança do trabalho, com foco em infraestrutura e meio ambiente, na PRISMA Consultoria e Engenharia.

## **Design Instrucional**

Sarah Resende

## **Projeto Gráfico**

NT Editora

## **Revisão**

Filipe Lopes

## **Capa**

NT Editora

## **Editoração Eletrônica**

Laíse Caldeira

## **Ilustração**

Daniel Motta

## **NT Editora, uma empresa do Grupo NT**

SCS Quadra 2 – Bl. C – 4º andar – Ed. Cedro II

CEP 70.302-914 – Brasília – DF

Fone: (61) 3421-9200

sac@grupont.com.br

www.nteditora.com.br e www.grupont.com.br

Bernardina, Renata Frechiani Dalla.

Tecnologia das construções II / Renata Frechiani Dalla Bernardina  
– 1. ed. – Brasília: NT Editora, 2018.

146 p. il. ; 21,0 X 29,7 cm.

ISBN 978-85-8416-412-7

1. Construção. 2. Engenharia.

I. Título

Copyright © 2018 por NT Editora.

Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida por qualquer modo ou meio, seja eletrônico, fotográfico, mecânico ou outros, sem autorização prévia e escrita da NT Editora.

## ÍCONES

Prezado(a) aluno(a),

Ao longo dos seus estudos, você encontrará alguns ícones na coluna lateral do material didático. A presença desses ícones o(a) ajudará a compreender melhor o conteúdo abordado e a fazer os exercícios propostos. Conheça os ícones logo abaixo:



### **Saiba mais**

Esse ícone apontará para informações complementares sobre o assunto que você está estudando. Serão curiosidades, temas afins ou exemplos do cotidiano que o ajudarão a fixar o conteúdo estudado.



### **Importante**

O conteúdo indicado com esse ícone tem bastante importância para seus estudos. Leia com atenção e, tendo dúvida, pergunte ao seu tutor.



### **Dicas**

Esse ícone apresenta dicas de estudo.



### **Exercícios**

Toda vez que você vir o ícone de exercícios, responda às questões propostas.



### **Exercícios**

Ao final das lições, você deverá responder aos exercícios no seu livro.

**Bons estudos!**

## Sumário

<b>1 FORMAS PARA CONCRETO ARMADO .....</b>	<b>7</b>
1.1 Conceitos básicos: definição, funções e importância .....	7
1.2 Sistemas de formas .....	11
1.3 Projeto, execução das formas e desforma.....	20
<b>2 CONCRETO ARMADO.....</b>	<b>29</b>
2.1 Armadura de concreto armado: cortes, montagem e disposição nas formas	29
2.2 Produção de concreto: materiais, processos e tecnologia .....	37
2.3 Concretagem: planejamento, etapas e equipamentos .....	45
<b>3 TELHADOS .....</b>	<b>57</b>
3.1 Tipos de coberturas para edificações.....	57
3.2 Linhas do telhado.....	61
3.3 Condutores .....	69
<b>4 ALVENARIA, PORTAS E JANELAS.....</b>	<b>84</b>
4.1 Alvenaria: tipos de blocos e processo de execução.....	84
4.2 Portas .....	93
4.3 Janelas .....	100
<b>5 FORROS .....</b>	<b>108</b>
5.1 Aspectos relevantes .....	108
5.2 Tipos de forro .....	111
5.3 Técnicas para colocação.....	116
<b>6 PISOS E REVESTIMENTOS .....</b>	<b>126</b>
6.1 Parâmetros básicos .....	126
6.2 Tipos de pisos .....	129
6.3 Tipos de revestimentos e processos de execução .....	138
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>145</b>

Caro(a) estudante,

Seja bem-vindo(a) **Tecnologia das construções II!**

Este material é parte do conjunto das três disciplinas de Tecnologia das Construções, que buscam aprofundar os conhecimentos referentes às diferentes tecnologias utilizadas em edificações atualmente. Em Tecnologia das Construções II, dedicaremos nossa atenção às técnicas e às tecnologias utilizadas na execução de estruturas, bem como aquelas utilizadas no assentamento de esquadrias, pisos e revestimentos e, ainda, na execução da cobertura da edificação. Trata-se, portanto, de um conteúdo relevante, que se refere às etapas de superestrutura, cobertura e acabamento.

Neste conteúdo, serão abordados aspectos relativos à execução propriamente dita, assim como também questões relativas à durabilidade, à segurança, ao conforto, demonstrando que não basta executar uma construção. É necessário realizá-la observando aspectos que proporcionarão qualidade e permitirão um bom desempenho da edificação ao longo do tempo.

**Bons estudos!**

**Renata Frechiani Dalla Bernardina**



# 1 FORMAS PARA CONCRETO ARMADO

Em nosso estudo sobre Tecnologia das Construções II, voltaremos nossa atenção para a superestrutura, que se constitui dos blocos de transição, pilares, vigas e lajes, focando em estruturas de concreto armado, pois essas são as mais comumente utilizadas em nosso país. Além disso, estudaremos sobre a montagem de telhados e sobre serviços relativos à fase de acabamento da obra, abordando os seguintes tópicos: esquadrias, forros, revestimentos e pisos.

Vamos então começar?

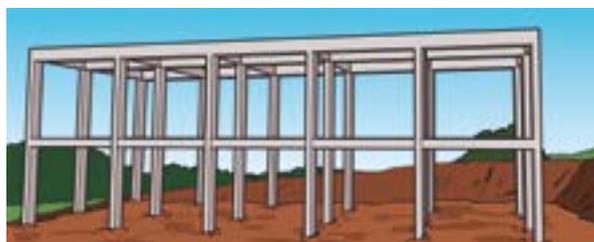
## Objetivos

Ao final desta lição, você deverá ser capaz de:

- conhecer os conceitos básicos relacionados às formas;
- conhecer as funções e a importância das formas;
- compreender conhecimentos relativos às propriedades das formas;
- avaliar os diferentes sistemas de formas;
- analisar os procedimentos relacionados à desforma.

## 1.1 Conceitos básicos: definição, funções e importância

A estrutura de concreto armado é, certamente, a mais empregada no Brasil. Utilizando barras de aço (armaduras) inseridas no concreto fresco, ambas colocadas em formas, obtêm-se estruturas que resistem a diferentes tipos de carregamentos, desde que devidamente executadas. No entanto, é necessário que essas estruturas sejam adequadamente calculadas por engenheiros que são especialistas em projeto estrutural. Durante o nosso estudo, veremos os aspectos tecnológicos relativos à execução da estrutura e não ao seu dimensionamento.



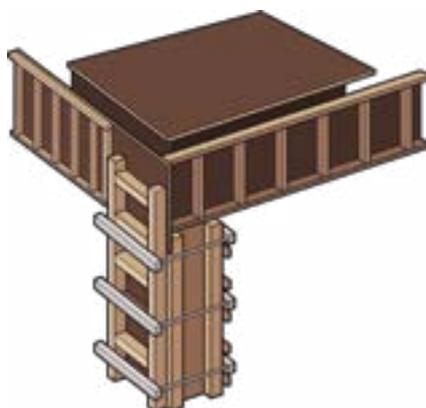
As formas possuem funções de moldagem das estruturas de concreto e são responsáveis por resistirem aos esforços do concreto fresco, tais como peso próprio e as sobrecargas acidentais. De acordo com a NBR15696:2009, as formas são “estruturas provisórias utilizadas para moldar o concreto fresco, resistindo a todas as ações provenientes das cargas variáveis resultantes das pressões do lançamento do concreto fresco até que o concreto se torne **autoportante**”. (NBR15696:2009)



**Autoportante:** Diz-se de qualquer estrutura cuja estabilidade é assegurada com o apoio em uma única extremidade.

## Funções

Observe a imagem a seguir. Veja que ela apresenta, esquematicamente, as formas para lajes, vigas e pilares.



Estanqueidade: também chamada de estanqueidade, é a propriedade de ser impermeável, de impedir a passagem ou a saída de água.

Podemos enumerar algumas das importantes funções desempenhadas pelas formas. São elas:

- colabora no posicionamento da armadura;
- possibilita a colocação de espaçadores nas armaduras de forma que garanta o cobrimento necessário do concreto;
- serve de suporte para o posicionamento de elementos das instalações e outros itens embutidos;
- protege o concreto contra choques mecânicos;
- possibilita moldar o concreto ainda fresco;
- mantém o concreto fresco e o sustenta até que desenvolva sua resistência de modo a se autossustentar;
- proporciona a textura para a superfície do concreto conforme estabelecida em projeto;
- garante a **estanqueidade** para que não haja perda de água do concreto, facilitando a cura.



### Importante

A forma está presente no início do processo de execução de uma estrutura, mas tem consequências sobre todas as suas etapas, na colocação da armadura, lançamento do concreto, ou seja, a utilização das formas tem reflexo em toda a realização da obra de um edifício.

Além da questão técnica, outras duas importantes considerações devem ser realizadas em relação às formas: economia e meio ambiente. A estrutura representa entre 15 e 20% do custo total da obra. A forma, por sua vez, representa entre 20% e 30% dos custos da estrutura, o que significa, de 4% a 6% do custo total da obra. Devemos lembrar ainda que o aço e o concreto devem seguir as quantidades definidas em projeto, variando muito pouco na execução. Por esse motivo, para que se consiga reduzir o custo de uma estrutura, normalmente, o foco dirige-se para o sistema de formas. Além disso, a má execução das formas pode causar fissuras ou falhas (tais como aberturas), que podem comprometer o desempenho e a durabilidade da estrutura de concreto armado.



No que se refere à questão ecossistêmica, precisamos considerar o impacto ambiental provocado pelo uso das formas, pois o seu uso racional provoca tanto a redução na utilização da madeira, por exemplo, como também a diminuição na geração de resíduos.



## Construindo o conhecimento

Assinale a alternativa que apresenta a definição correta do objetivo da forma na construção.

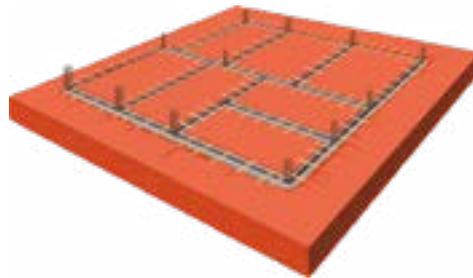
- a) As formas têm por objetivo moldar os pilares da construção e atribuir sustância as vigas.
- b) As formas possuem funções de moldagem das estruturas de concreto e são responsáveis por resistirem aos esforços do concreto fresco, tais como peso próprio e as sobrecargas acidentais.
- c) As formas servem para reforçar a estrutura do concreto nas construções de pequeno porte.
- d) As formas são acessórios auxiliares que dão suporte às estruturas metálicas.

**Comentário:** a alternativa correta do nosso exercício é a letra "b". As formas possuem funções de moldagem das estruturas de concreto e são responsáveis por resistirem aos esforços do concreto fresco, tais como peso próprio e as sobrecargas acidentais. De acordo com a NBR15696:2009, as formas são "estruturas provisórias utilizadas para moldar o concreto fresco, resistindo a todas as ações provenientes das cargas variáveis resultantes das pressões do lançamento do concreto fresco até que o concreto se torne autoportante". (NBR15696:2009)

### Propriedades das formas

Apesar de sabermos que as formas existem para suportar o concreto fresco, tal condição não é suficiente. Existem normas que definem as condições mínimas e os requisitos básicos para que os sistemas de formas tenham o desempenho adequado. As normas NBR 14931:2004 e a NBR15696:2009 estabelecem critérios que devem ser obedecidos para projetar e executar as formas e o escoramento para estruturas de concreto. Vejamos, a seguir, quais são.





### Rigidez

As formas devem apresentar suficiente rigidez para suportar as especificações definidas em projeto para a estrutura, pois, caso o projeto não seja seguido, a integridade dos elementos estruturais pode ser abalada.

### Estanqueidade

Ser estanque significa que a forma impede a entrada de agentes externos que podem causar corrosão da armadura, diminuir a resistência e a durabilidade da estrutura. Além disso, ser estanque significa evitar que a pasta de cimento do concreto se perca durante a concretagem. Tal situação pode provocar o surgimento de agregados miúdos na superfície do concreto.



### Durabilidade

O sistema de formas deve ser durável e permitir o reaproveitamento dos materiais, a fim de reduzir os custos do construtor e permitir agilidade na montagem.



#### Dicas

A principal preocupação é permitir o maior número possível de utilizações da forma, sem comprometimento dos resultados a serem obtidos. A meta é, sempre, conseguir um produto final - a estrutura - com a melhor qualidade possível. Tal situação irá influir no custo total da obra; em particular, nos acabamentos.

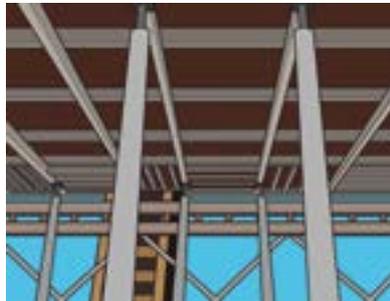
#### Estabilidade

O sistema de formas deve possuir estabilidade para garantir todo o processo de concretagem, ou seja:

- montagem das armaduras;
- lançamento;

- **adensamento** do concreto, cura;
- desforma.

Essa propriedade tem como objetivo minimizar riscos, financeiros e de segurança, dos envolvidos no setor da construção civil.



Essa propriedade tem especial importância, pois influencia diretamente nos níveis de acidentes registrados na construção civil. Um sistema de formas que se apresenta instável pode resultar em desmoronamentos, rompimentos de formas ou, ainda, provocar sérios acidentes.

### Baixa absorção de água

É recomendável que os materiais que constituem as formas apresentem baixa absorção de água, para que não haja comprometimento da **hidratação** do cimento; sendo assim, é necessário que as formas sejam saturadas antes do lançamento do concreto. A alta absorção de água pelas formas pode comprometer a resistência do concreto, o que poderá provocar grandes prejuízos à estrutura.



**Adensamento:** ato de movimentar o concreto por meio de vibrador ou varas de ferro, fazendo-o tomar todo o espaço das formas e aderir bem às varas metálicas.

**Hidratação:** introdução de água.



## Construindo o conhecimento

Entre as funções desempenhadas pelas formas, podemos citar:

- a) colaborar na estanqueidade do concreto armado.
- b) definir a distribuição das armaduras no concreto armado.
- c) sustentar o concreto fresco até que ele tenha resistência suficiente para se autossustentar.
- d) influenciar no dimensionamento das peças estruturais.

**Comentário:** a alternativa correta do nosso exercício é a letra “c”. As formas são importantíssimas na execução de uma estrutura, pois sustentam o concreto quando está fresco, até que ele alcance a resistência definida em projeto. A má execução das formas, por exemplo, o seu rompimento, pode vir a prejudicar toda a estrutura. A não estanqueidade das formas pode provocar perda do concreto, o que também resulta em grande prejuízo. O dimensionamento das peças estruturais e a definição das armaduras são estabelecidos pelo projeto estrutural e devem ser obedecidos atentamente na obra, em especial, ao serem lançados na forma.

## 1.2 Sistemas de formas

Até o momento, abordamos questões relacionadas às formas propriamente ditas, entretanto, devemos conhecer o que é denominado sistemas de formas. Define-se este a partir dos projetos de uma edificação, os quais, como já sabemos, devem nortear a execução de uma obra.



O projeto arquitetônico determina a geometria do produto final, influenciando diretamente o projeto estrutural e, conseqüentemente, todo o processo construtivo

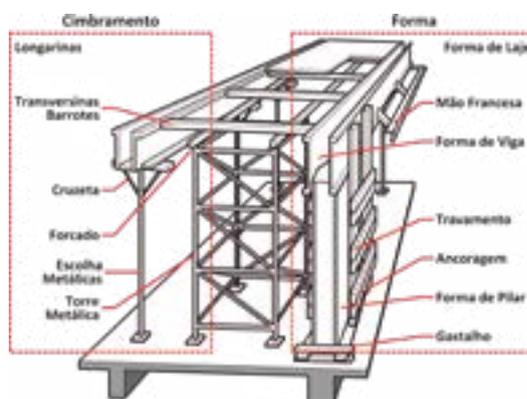
Já o projeto estrutural estabelece a geometria das peças a serem concretadas e, conseqüentemente, desqualifica materiais e sistemas que não se adaptam a essa exigência.



### Saiba mais

A análise criteriosa de cada empreendimento permitirá a definição do melhor sistema a ser aplicado, pois possibilitará o uso racional das formas e permitirá ganhos significativos tanto nos materiais (melhor reaproveitamento e diminuição de desperdício) quanto na mão de obra (maior produtividade).

A figura a seguir apresenta os vários elementos que devem compor os sistemas de formas.



Os sistemas de formas se subdividem em subsistemas, que se referem aos seguintes tipos:

- subsistemas de lajes;
- subsistemas de vigas;
- subsistemas de pilares.



Tais subsistemas, por sua vez, são compostos por elementos, que são conjuntos de peças que desempenham determinada função no subsistema de formas. Podemos classificar os elementos, de acordo com a finalidade, em:

- molde: elemento que entra em contato direto com o concreto e define sua textura e formato;
- estrutura do molde: elemento destinado a enrijecer e suportar o molde, garantindo que não se deforme quando submetido aos esforços originados pelas operações de armação e concretagem;
- escoramento: são as estruturas provisórias com capacidade de resistir ao lançamento do concreto fresco sobre as formas horizontais e verticais até que o concreto se torne autoportante;
- cimbramento: pode ser definido como o elemento que deve colaborar para absorver às cargas de peso próprio do concreto e das formas, e às cargas decorrentes da movimentação de operários e equipamentos.
- complementos e acessórios: os complementos e acessórios são utilizados para reforçar e sustentar (solidarizar) os painéis de tábuas e de chapas compensadas e podem ser peças únicas de madeira ou metálicas ou, ainda, conjuntos de peças de madeira e metal, como, por exemplo, guias, talas de emenda, cunhas, placas de apoio, chapuzes, gravatas, escoras (mão francesa), espaçadores, estais, tirantes etc. Nos casos das peças de madeira, podem ser usados sarrafos de 1/2"x2"; ripas de 1"x2", 1"x3"; caibros de 2"x3", 3"x4", 2"x4", 4"x5"; pontaletes de 2"x2", 3"x3", 4"x4" etc.

De forma resumida, podemos apresentar alguns elementos, segundo Magalhães (2000), que compõem o sistema de formas, conforme mostra o quadro a seguir.

Subsistemas	Elementos	Componentes
Lajes	Moldes.	Painéis.
	Estrutura do molde.	Transversinas e longarinas.
	Escoramento	Pontaletes de madeira, escoras metálicas, travamentos, torres e contraventamentos.
	Acessórios.	Para estruturação e nivelamento.



**Chapuzes:** espécie de cunha de madeira usada para calçar ou reforçar uma peça ou para mantê-la na posição desejada.

**Espaçadores:** peças que garantem o espaço necessário para, por exemplo, o cobrimento da armadura ou entre as peças de acabamento.

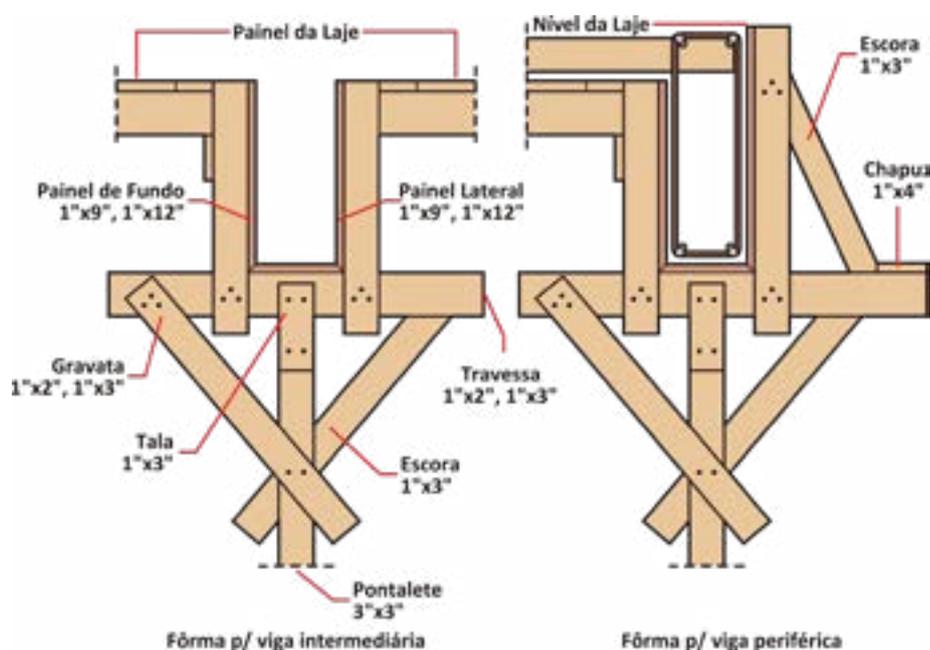
**Estais:** utilização de tirantes sob determinado ângulo para fixar os montantes da torre. Técnica construtiva.

**Tirantes:** viga comprida, de ferro ou madeira, com as extremidades apoiadas em duas paredes de uma construção e posta em tensão para anular as pressões que tendem a tirá-las do prumo.

**Pontaletes:** barrote para escorar edifícios ou estruturas.

Subsistemas	Elementos	Componentes
Vigas	Moldes.	Painéis de face e de fundo
	Estrutura do molde.	Sarrafos
	Escoramento.	Garfos, pontaletes de madeira, escoras metálicas, torres etc.
	Acessórios.	Para estruturação e nivelamento.
Pilares	Moldes.	Painéis laterais.
	Estrutura do molde.	Guias de armação e gravatas.
	Escoramento.	Aprumadores, mão francesa e niveladores.
	Acessórios	Para estruturação e nivelamento.

Observe o subsistema para vigas a seguir. Veja que, para o mesmo subsistema, temos elementos diferentes, o que significa que todos esses elementos possuem funções importantes que precisam ser, adequadamente, desempenhadas para que a forma possa receber o concreto fresco e o moldar de maneira correta.



Agora que já fomos apresentados aos conceitos básicos, bem como às propriedades das formas, vamos estudar sobre os diferentes tipos de sistemas de formas, tendo por base os materiais dos quais são constituídos.

### Sistemas de formas de madeira

O sistema de formas de madeira é o mais comum no Brasil, pois se adaptam a praticamente qualquer geometria. Além disso, se analisarmos somente uma obra, as formas de madeira são geralmente mais baratas, devido ao material que é empregado, à mão de obra que é menos especializada e aos equipamentos, que são mais simples.



Por outro lado, o reúso da madeira em outras obras, muitas vezes, fica limitado à execução de peças menos “nobres”, como nos blocos de transição, nas fundações e nas cortinas. Para serem dimensionadas, as formas devem levar em consideração informações relativas ao tipo de concreto e à maneira de lançamento e de adensamento, pois tais variáveis influenciam nos elementos que serão necessários para a estruturação e para o travamento, bem como sobre o tipo de madeira a ser utilizado.

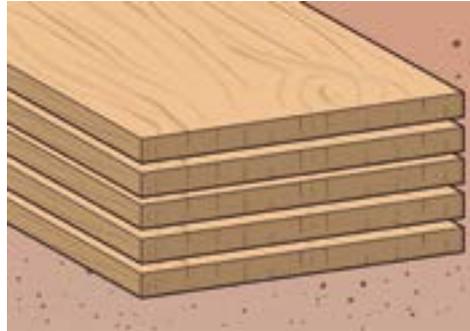


As formas de madeira podem ser executadas basicamente com dois tipos de madeira: madeira serrada e placas de compensado. A escolha do material é feita pelo construtor, de acordo com as características de cada obra.

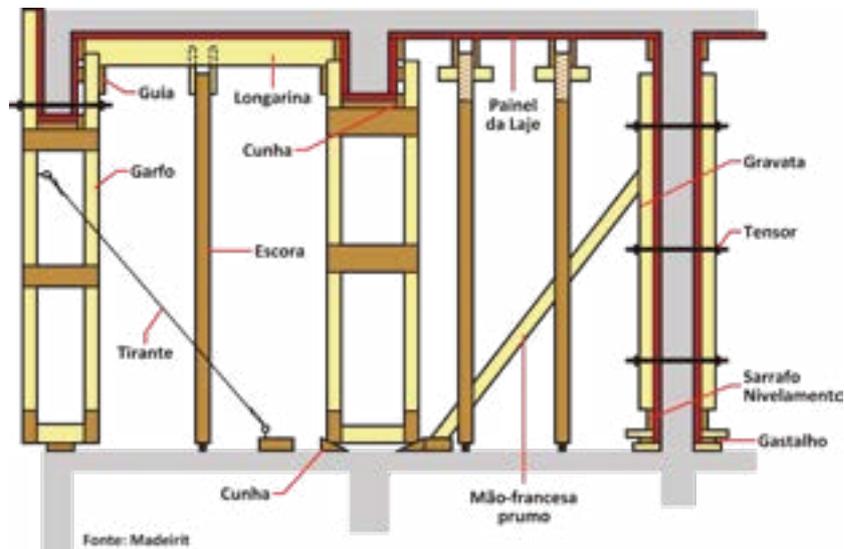
A madeira serrada é muito utilizada para escoramentos ou como tábuas, pontaletes e sarrafos. Mas, para que isso seja possível, essas peças não podem apresentar defeitos em suas dimensões, formato ou se mostrarem arqueadas. A madeira serrada, contudo, gera maior quantidade de resíduos e menor padronização das peças. Nessa situação, as exigências sobre a mão de obra são maiores e os carpinteiros devem estar bem preparados para que as dimensões das formas atendam às especificações do projeto de produção de formas bem como do projeto estrutural.



As chapas de compensado, por sua vez, possuem maior resistência normal às fibras, menor probabilidade de surgimento de trincas e uma melhor distribuição das lâminas nos sentidos vertical e horizontal, proporcionando uma distribuição das tensões, quando o material é solicitado.



Observe a seguir as diferentes peças que compõem um sistema de formas. Veja como é importante que se tenha uma visão técnica do material que será utilizado, bem como da localização das peças e de sua denominação e suas dimensões (que deverão ser definidas em projetos).



### Sistemas de formas metálicas

O sistema de formas metálicas é outro tipo que, gradativamente, tem se tornado muito comum no Brasil. Esse sistema pode apresentar elementos de aço ou alumínio, que são empregados para todos os elementos estruturais, isto é:

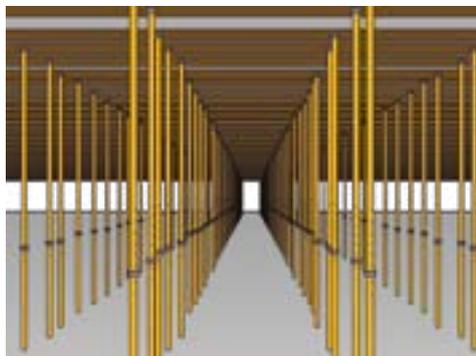
- pilares;
- vigas;
- lajes.



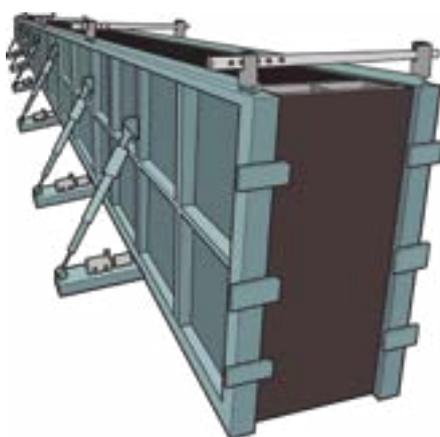
#### Saiba mais

Diferentemente do sistema de formas de madeira, as formas metálicas normalmente exigem uma padronização da estrutura. Além disso, também são levados em consideração o cronograma de desenvolvimento da obra e quantas vezes essas formas poderão ser reutilizadas.

A reutilização de formas diminui a quantidade de resíduos gerada; por esse motivo, essas formas metálicas têm sido cada vez mais utilizadas no Brasil. Os prazos cada vez mais curtos também fazem com que o sistema metálico seja uma alternativa, pois traz maior agilidade, racionalização e produtividade nas obras.



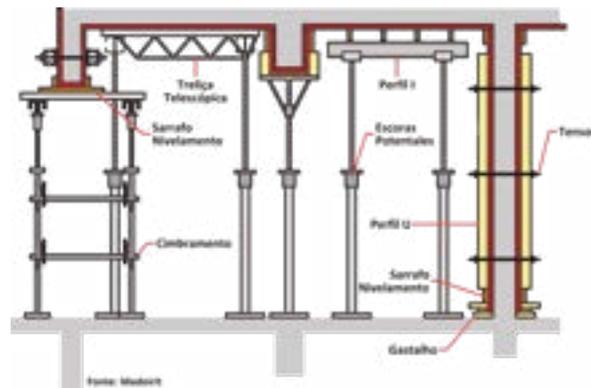
Contudo, precisamos, sempre, lembrar que esse sistema exige maior nível de planejamento e detalhamento nos projetos. Devemos também lembrar que se trata de um sistema que exige mais da qualificação da mão de obra e da precisão na fabricação das peças. Ainda assim, as formas metálicas apresentam a vantagem de poderem ser alugadas, o que permite uma economia no item de aquisição de formas de uma estrutura.



### **Sistemas de formas mistas**

Atualmente, visando a um melhor aproveitamento das formas, muitas construções executam essa etapa da obra com formas compostas de painéis de madeira e travamentos e escoramentos metálicos. As partes metálicas têm a possibilidade de serem reutilizadas, enquanto as peças de madeira, normalmente, apresentam durabilidade restrita a uma obra ou com algum aproveitamento para outras obras.

Veja, a seguir, ilustrativamente, como podem ser montadas as formas mistas. Observe que as formas propriamente ditas são executadas em madeira, ao passo que toda a estrutura de cimbramento e escoramento é executada em perfis metálicos.



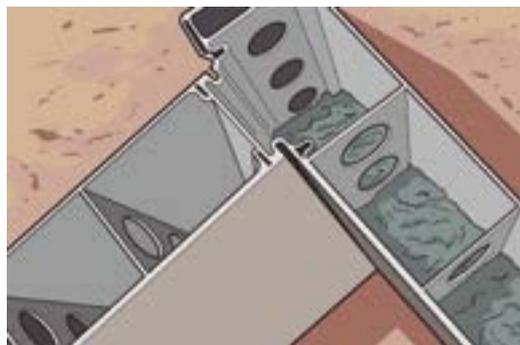
A próxima figura apresenta um pilar com formas laterais em madeira, com travamento e barras de ancoragem com os devidos perfis metálicos. Essa metodologia é a mais comum hoje em dia nas obras, pois proporciona qualidade na estrutura, praticidade e rapidez na montagem.



Mas, além das formas metálicas e de madeira, existem também formas executadas com outros tipos de materiais. Vamos conhecer alguns exemplos?

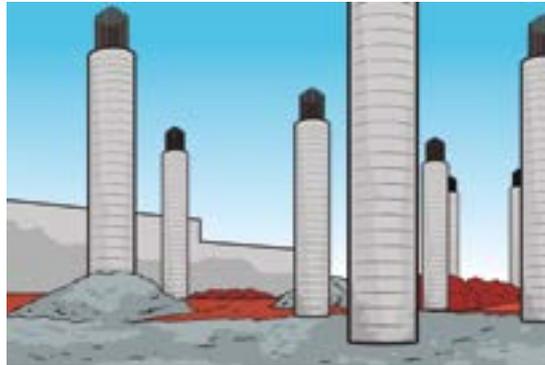
### Sistemas de formas de PVC

O sistema de formas de PVC considera uma série de módulos, que apresentam diferentes tamanhos, que formam painéis e têm por objetivo permitir a moldura de paredes de concreto. Nesse caso, portanto, estamos falando de alvenaria que pode ser estrutural e, por esse motivo, uma reforma ou um ajuste na disposição inicial das paredes necessitarão ser cuidadosamente estudados antes que qualquer alteração seja realizada. De acordo com o uso e o desempenho que se pretenda para as paredes, diversos tipos de concreto podem ser utilizados.



## Sistemas de formas de papelão

As formas de papelão são **autoestruturadas** e para serem usadas necessitam somente de elementos que auxiliem no seu posicionamento e no prumo. Contudo, apresentam algumas limitações, como serem utilizadas em pilares de seção circular. Sua grande desvantagem é ser destruída no momento da desforma, restringindo-se a apenas uma utilização.



Para que se escolham os tipos de formas e escoramentos, é fundamental que o projeto estrutural seja bem elaborado. Além disso, vários fatores devem ser considerados, tais como:

- logística interna do canteiro;
- quantidade de reuso de peças;
- peso a ser suportado pela forma e pelo escoramento;
- dimensões e formas das estruturas a serem moldadas.



**Autoestruturadas:** que passa por processo de autoestruturação; ; utiliza-se como base.

## Construindo o conhecimento

Considerando os diferentes tipos de formas, assinale a alternativa que faz a correta associação entre o tipo e a utilização.

- As formas de papelão podem ser reutilizadas desde que a estruturação do material seja feita a cada um metro.
- As formas metálicas têm por principal característica a possibilidade de armazenamento ao ar livre.
- As formas de pvc, juntamente com as formas de madeira, formam o que normalmente denominamos formas mistas.
- As formas de madeira são as mais comuns no Brasil, pois se adaptam a praticamente qualquer geometria.

**Comentário:** a alternativa correta do nosso exercício é a letra “d”. Como estudamos, existem diferentes tipos de materiais que podem ser utilizados para moldarmos o concreto fresco. As formas de papelão são utilizadas para moldar pilares redondos, mas não podem ser reutilizadas. As formas metálicas, por sua vez, apresentam a grande vantagem de poderem ser reutilizadas, mas devem ser armazenadas com cuidado, não sendo aconselhável deixá-las ao ar livre ou sem um acondicionamento apropriado. As formas mistas são compostas normalmente de formas de madeira e formas metálicas e têm cada vez mais sido utilizadas no país. Contudo, as formas de madeira ainda são as mais comuns, pois se ajustam a qualquer tipo de geometria que se pretenda.



## 1.3 Projeto, execução das formas e desforma

O sistema de formas e escoramento deve ser projetado e construído obedecendo à norma 15696:2009 e às prescrições das ABNT NBR 7190, para estruturas de madeira, e ABNT NBR 8800, para estruturas metálicas.



A norma 15696:2009 apresenta requisitos para que sejam elaborados projetos de formas. Assim, o projeto deve:

- a) especificar os materiais utilizados;
- b) definir clara e exatamente o posicionamento de todos os elementos utilizados;
- c) mencionar os critérios adotados para o dimensionamento da forma, tais como a pressão do concreto, a velocidade de lançamento, a altura de concretagem e de vibração, a consistência do concreto, a metodologia de lançamento etc.;
- d) ser detalhado com plantas, cortes, vistas e demais detalhes, de tal forma que não fiquem dúvidas para a correta execução da montagem.



### Importante

Enfatizando aquilo que já falamos anteriormente, a fabricação e a utilização de formas não podem ocorrer sem planejamento e dimensionamento. Para realizar o dimensionamento correto, precisamos considerar todas as cargas que atuam sobre as formas.

### Cargas atuantes nas formas

É muito importante que se considere o carregamento que atua sobre as formas, pois elas recebem tanto cargas permanentes, como o peso próprio do concreto, quanto cargas acidentais, tais como a vibração proveniente do adensamento do concreto.



Em obras de maior porte, tais considerações têm importante reflexo tanto nos custos quanto na estabilidade e segurança das formas e, conseqüentemente, da própria estrutura. Para avaliar os esforços que agem sobre as formas, devemos ainda considerar as cargas verticais, horizontais e oblíquas, que se originam das inclinações no molde. Vejamos exemplos dessas cargas:

- a) peso próprio dos elementos da estrutura de escoramento e das formas;
- b) peso de todos os elementos da estrutura de concreto, como: lajes, vigas, paredes, **capitéis** etc., que devem ser suportados pela estrutura que irá compor o escoramento;
- c) cargas oriundas do método pelo qual será lançado o concreto sobre as formas e o escoramento;
- d) carregamentos **assimétricos** sobre as formas e sobre o escoramento;
- e) sobrecarga de trabalho na execução dos serviços de lançamento, adensamento e acabamento do concreto. A sobrecarga de trabalho deve ser de, no mínimo,  $2,0 \text{ kN/m}^2$ ;



- f) impacto do lançamento do concreto: devem ser considerados, além dos valores estáticos das cargas, os efeitos de impactos provocados por máquinas, utilizadas no lançamento do concreto etc.;
- g) o impacto máximo a ser considerado no lançamento do concreto sobre a face horizontal da forma deve ser correspondente ao esforço resultante do lançamento de uma altura de 0,20 m acima do nível acabado;
- h) caso as alturas sejam maiores que 0,20 m, o cálculo deve considerar sobrecargas adicionais;



- i) vibrações do concreto assim como aquelas decorrentes de equipamentos de adensamento do concreto;



**Capitéis:** parte superior de um pilar, normalmente é ornamentado.

**Assimétricos:** desiguais; sem simetria; que não são iguais ou semelhantes.

- j) pressões de vento conforme define a ABNT NBR 6123 e não devem ser inferiores a  $0,6 \text{ kN/m}^2$ ;
- k) quando utilizadas plataformas de trabalho, deve ser considerada a sobrecarga mínima de  $1,5 \text{ kN/m}^2$ .
- l) para calcular o contraventamento e/ou a ancoragem em pontos fixos externos, esforços horizontais aplicados nas laterais das formas da laje devem ser adotados, e que sejam iguais a 5 % da carga vertical aplicada nesse mesmo nível nos dois sentidos principais da laje, se não considerados os efeitos dinâmicos devidos a bombas de concreto. Caso esses efeitos dinâmicos sejam considerados, deve-se somar este ao primeiro esforço horizontal;

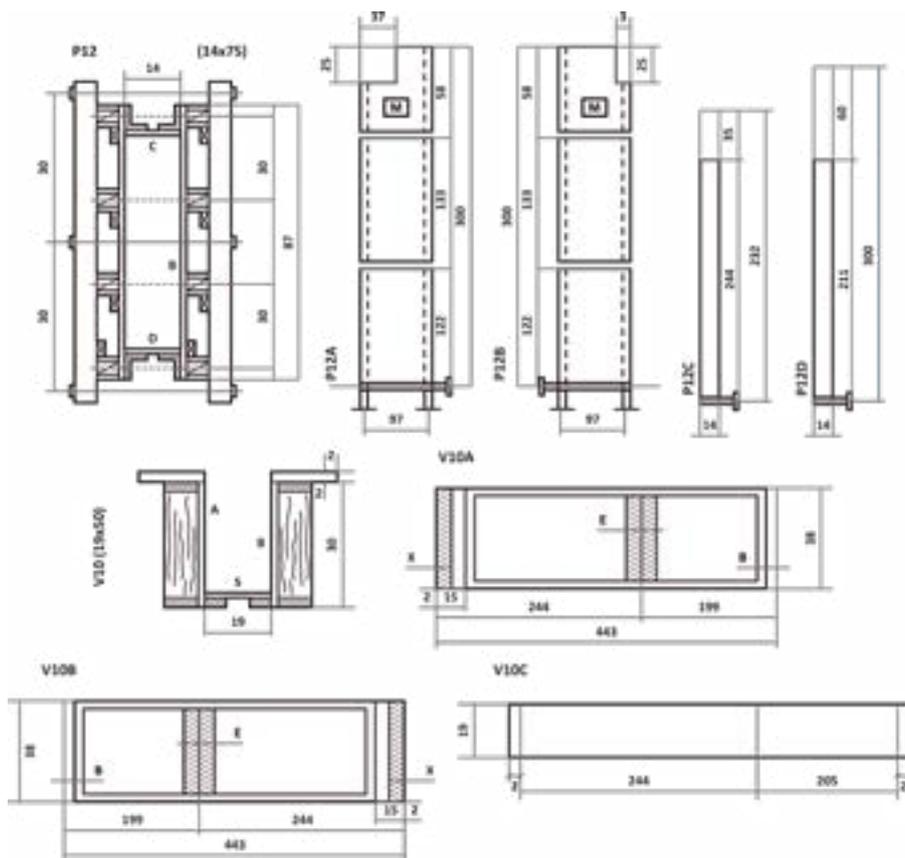


- m) cargas provenientes da pressão horizontal do concreto.

Também devemos levar em consideração a pressão lateral das formas, a partir de fatores como:

- peso próprio do concreto;
- método e velocidade de lançamento do concreto sobre a forma;
- altura de lançamento do concreto;
- vibração proveniente do adensamento.

A figura a seguir apresenta formas já dimensionadas para um pilar e uma viga. Observe que esse projeto foca na definição das dimensões das formas, resultantes dos esforços sobre as formas, e não na dimensão das peças de concreto armado, resultante do projeto estrutural. Veja que, para que esse projeto seja elaborado, são muitas considerações que devem ser realizadas e, por isso, dependendo da exigência que a obra apresente, o projeto do sistema de formas ou escoramento pode incluir catálogos técnicos, manuais de instrução e montagem.

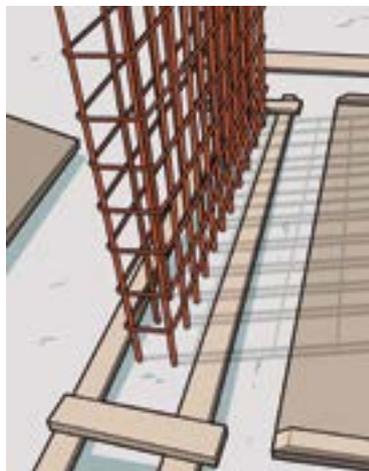


### Execução: montagem das formas e desforma

A montagem das formas é um momento bastante delicado, pois deve proporcionar os cuidados para que as dimensões corretas das peças de concreto armado sejam alcançadas ao mesmo tempo em que tenham todas as propriedades já descritas para as formas.

No caso dos pilares moldados in loco, etapas de montagem se desenvolvem da seguinte forma:

- 1) marcação dos colarinhos (também denominadas golas ou gasthanhos): peças fixadas na laje, que definem suas dimensões laterais;
- 2) posicionamento da armadura do pilar: a armadura é, então, posicionada, trespassando as esperas que foram deixadas a partir do pavimento inferior;



- 3) posicionamento de espaçadores: os espaçadores são posicionados com dois objetivos: evitar que, por algum motivo, a forma se feche durante a concretagem e garantir o recobrimento mínimo de concreto;
- 4) aplicação de desmoldante para os painéis de formas em madeira: essa atividade tem por objetivo reduzir a aderência entre o concreto e a forma. Muitas empresas preferem substituir o desmoldante pelo umedecimento das formas com água;



- 5) montagem dos painéis: os painéis laterais são posicionados já tendo por base o colarinho. No sentido transversal, são posicionadas gravatas de madeira ou madeira, que têm por objetivo impedir que a forma se abra devido aos esforços laterais sobre as elas. Para obras menores, em geral, utiliza-se um espaçamento de 30 a 40 cm para gravatas de madeira;
- 6) posicionamento de fixadores: dependendo das dimensões dos pilares, são utilizados fixadores, que atravessam o pilar, de forma que as formas não se abram, e os pilares preservem as dimensões que foram definidas em projeto;
- 7) contraventamento: o contraventamento é executado por barras inclinadas, metálicas ou de madeira, que buscam travar os pilares, e são fixadas na laje e na forma.



#### Dicas

Devemos, sempre, verificar as dimensões do pilar, o posicionamento da armadura, o prumo, os espaçadores e os fixadores.

#### Desforma

Quando o concreto se torna autoportante e atinge o endurecimento de forma, que seja capaz de suportar os esforços que atuam sobre ele, podemos realizar a desforma. O tempo de desforma varia em função do tipo de cimento utilizado no concreto, pois o tempo de retirada das formas com a utilização do cimento ARI (alta resistência inicial) é menor quando comparado ao cimento Portland comum.



A desforma somente deve ser realizada após o prazo necessário para que o concreto obtenha a resistência e o módulo de elasticidade necessários. Caso não existam indicações específicas, e a critério da fiscalização, devem ser adotados, para o concreto comum os seguintes prazos mínimos:

- a) retirada de laterais das formas: 3 dias;
- b) partes inferiores das formas, permanecendo as escoras principais espaçadas: 14 dias;
- c) retirada total de formas e escoras: 21 dias.

### Importante

Devemos, sempre, lembrar que é preciso reaproveitar ao máximo os materiais da desforma.



### Construindo o conhecimento

Reconhecendo a importância do dimensionamento das formas para a economia e melhor aproveitamento do material, assinale a alternativa correta.

- a) O dimensionamento deve ser realizado para as formas, mas não para o escoramento.
- b) Ao projetar uma forma, não é necessário saber a resistência que se deseja alcançar para o concreto.
- c) Por vezes, as formas devem apresentar plantas, cortes, vistas e demais detalhes, assim como se faz para o projeto de arquitetura.
- d) A forma com que o concreto é lançado não tem influência no dimensionamento das formas.

**Comentário:** o dimensionamento das formas envolve várias considerações, tais como a resistência que se pretende obter para o concreto, o método e o lançamento do concreto. Para tanto, as formas devem apresentar todas as pranchas (plantas, cortes, vistas e detalhes) que permitam tanto compreender as dimensões das peças de concreto propriamente ditas quanto o dimensionamento do próprio sistema de formas, incluindo, escoramento e cimbramento. Por esses motivos, a resposta correta é a letra “c”.



## Resumindo

Nesta lição, iniciamos nossos estudos relativos à fase da superestrutura da obra, a qual se refere a blocos de transição, vigas, pilares e lajes. Vimos que, no Brasil, a demanda mais recorrente ocorre em concreto armado. Para essas estruturas, é fundamental que conheçamos as tecnologias relacionadas às formas, às execuções das armaduras e do concreto.

Além disso, estudamos sobre a montagem de formas e desforma, não esquecendo que a desforma deve ser realizada após o prazo necessário para que o concreto obtenha a resistência e o módulo de elasticidade necessários.

Veja se você se sente apto a:

- descrever os conceitos básicos relacionados às formas, às suas funções e à sua importância;
- explicar características relativas às propriedades das formas;
- identificar os diferentes sistemas de formas;
- listar os procedimentos relacionados à desforma.



Parabéns, você finalizou esta lição!

Agora responda às questões ao lado.

## Exercícios

**Questão 1** - Cada peça de uma estrutura de concreto armado é resultado da ação combinada de aço e concreto. Sobre as estruturas de concreto armado, assinale a alternativa correta.

- a) São resistentes a carregamentos horizontais, sendo os carregamentos verticais suportados apenas por pilares.
- b) As barras de aço devem ser posicionadas nas formas anteriormente ao lançamento do concreto fresco.
- c) A estrutura de concreto armado não é muito difundida no Brasil devido ao seu elevado custo.
- d) A estrutura de concreto armado se caracteriza principalmente por ser previamente moldada, não necessitando, portanto, de um cálculo estrutural realizado por profissionais.

**Questão 2** - As formas são estruturas que são utilizadas para moldar o concreto fresco até que este adquira resistência suficiente para suportar as cargas que atuam sobre uma estrutura. A respeito das cargas que as formas devem suportar, julgue os itens e, em seguida, marque a alternativa correta.

- a) Não é necessário que as formas suportem o peso próprio do concreto, pois esse só se fará sentir depois do concreto endurecido.
- b) As formas devem negligenciar as cargas oriundas dos esforços de ventos que atuam sobre uma estrutura.
- c) O lançamento do concreto pode causar esforços sobre as formas que necessitam ser suportados pelas mesmas.
- d) As vibrações decorrentes dos equipamentos que são utilizados na concretagem não necessitam ser considerados nas cargas que devem ser suportadas pelas formas.

**Questão 3** - Vimos que as estruturas representam aproximadamente 20% do custo total da obra e a forma aproximadamente 30% dos custos da estrutura. Sendo assim, para uma obra que custe R\$ 500.000,00, as formas custarão:

- a) R\$ 150.000,00.
- b) R\$ 100.000,00.
- c) R\$ 45.000,00.
- d) R\$ 30.000,00.

**Questão 4** - Imagine que você está trabalhando em uma obra que necessita definir qual tipo de forma deve ser utilizada: madeira, metálica, pvc ou papelão. Quais dos fatores a seguir você não apontaria como aspecto a ser considerado na sua escolha?

- a) Definições técnicas estabelecidas no projeto estrutural.
- b) Esforços sobre os escoramentos.
- c) Espaço existente no canteiro de obras.
- d) Definições técnicas estabelecidas nos projetos de instalações.

**Questão 5** - Por quais motivos você escolheria adotar o sistema de formas de madeira em sua obra?

- a) As formas de madeira são normalmente mais baratas do que as formas metálicas.
- b) As formas de madeira possibilitam estabelecer dimensões de formas padronizadas, e as formas metálicas não apresentam essa possibilidade.
- c) As formas de madeira podem ser, frequentemente, reutilizadas na obra.
- d) As formas de madeira demandam equipamentos sofisticados para sua confecção.

**Questão 6** - As formas são elementos de fundamental importância na execução de uma estrutura. Com relação a essa questão, analise as afirmativas a seguir.

- I. A utilização errada de uma forma pode ter impacto sobre o cronograma de execução de uma obra
- II. A má execução das formas pode causar fissuras nas estruturas.
- III. O correto dimensionamento de uma forma colabora na redução de resíduos
- IV. Ainda que não impacte sobre a segurança, uma forma mal executada pode prejudicar o desempenho da estrutura.

Podemos dizer que:

- a) as alternativas I, II e IV estão corretas.
- b) as alternativas I, III e IV estão corretas.
- c) as alternativas II, III e IV estão corretas.
- d) todas as alternativas estão corretas.

**Questão 7** - Faça a correta associação entre a propriedade da forma e sua descrição.

- I) Durabilidade.
- II) Rigidez.
- III) Estanqueidade.
- IV) Estabilidade.

( ) Considerando essa propriedade, a forma impede a entrada de agentes externos, evitando que ocorra corrosão da armadura.

( ) Essa propriedade possibilita várias utilizações da forma.

( ) As formas devem apresentar suficiente rigidez para suportar as especificações definidas em projeto para a estrutura.

( ) Essa propriedade possibilita que o processo de concretagem ocorra sem que ocorram rompimentos, aberturas ou deformações inesperadas.

A sequência correta é:

- a) III, II, I e IV.
- b) III, IV, II e I.
- c) III, I, II e IV.
- d) II, III, I e IV.

**Questão 8** - São exemplos de sobrecargas acidentais sobre as formas:

- I. esforços de ventos.
- II. altura de lançamento do concreto.
- III. peso próprio das peças estruturais.
- IV. vibração causada pelo adensamento do concreto.

Nesse sentido, é correto afirmar que:

- a) todas as alternativas estão corretas.
- b) as alternativas I, II e III estão corretas.
- c) as alternativas I, II e IV estão corretas.
- d) as alternativas II, III e IV estão corretas.

**Questão 9** - Com relação à etapa de montagem das formas de uma peça estrutural, é incorreto afirmar que:

- a) é necessário posicionar corretamente o cimbramento.
- b) as armaduras devem, atentamente, seguir o que é definido no projeto estrutural.
- c) os espaçadores são posicionados nesse momento.
- d) não se deve aplicar o desmoldante nesse momento.

**Questão 10** - A etapa de desforma, tão importante quanto à etapa de montagem das formas, deve levar em consideração alguns critérios técnicos, fundamentais para que a peça estrutural alcance as características desejadas. Assinale a alternativa que corretamente descreve as condições em que deve ocorrer essa atividade.

- a) A desforma deve sempre ocorrer 15 dias após a concretagem.
- b) A desforma está diretamente relacionada aos esforços de lançamento do concreto.
- c) O tempo de desforma varia de acordo com o tipo de cimento utilizado no concreto.
- d) A desforma deve ocorrer antes que o concreto se torne autoportante e não admita mais acomodações.