

20° ENECE

Encontro Nacional
de Engenharia e
Consultoria Estrutural

A ARTE DA ENGENHARIA ESTRUTURAL



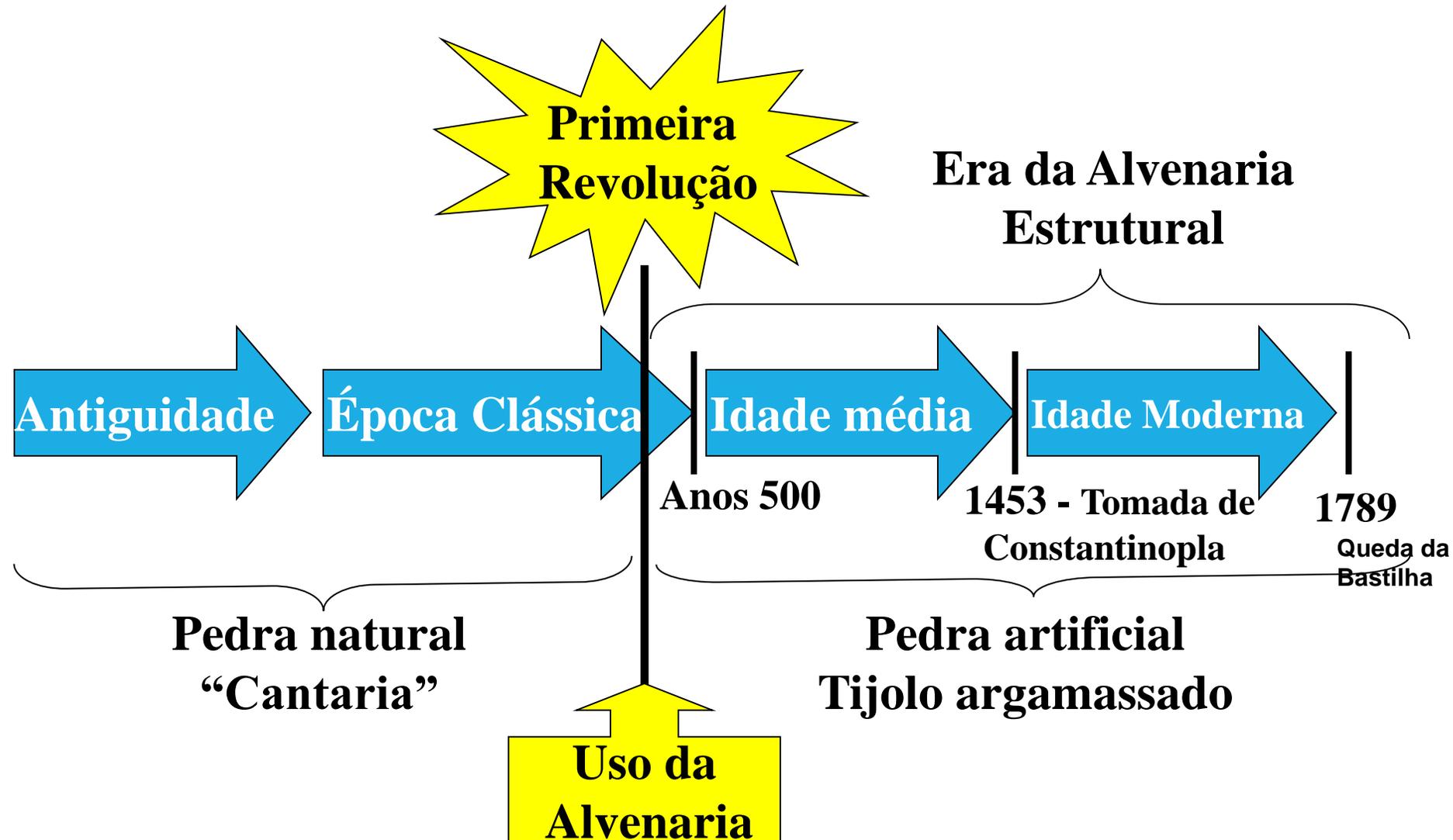
VALORIZAÇÃO DOS PROJETOS, GERENCIAMENTO DOS PROJETOS E INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL

São Paulo, 28 de setembro de 2017

Luiz Henrique Ceotto
lhceotto@terra.com.br

UM POUCO DE HISTÓRIA

EVOLUÇÃO DAS TECNOLOGIA DE CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS E DE ESTRUTURAS



EVOLUÇÃO DAS TECNOLOGIA DE CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS E DE ESTRUTURAS



EVOLUÇÃO DAS TECNOLOGIA DE CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS E DE ESTRUTURAS



EVOLUÇÃO DAS TECNOLOGIA DE CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS E DE ESTRUTURAS



EVOLUÇÃO AS ESTRUTURAS METÁLICAS

EVOLUÇÃO DAS ESTRUTURAS METÁLICAS



EVOLUÇÃO DAS ESTRUTURAS METÁLICAS

Perfis compostos soldados

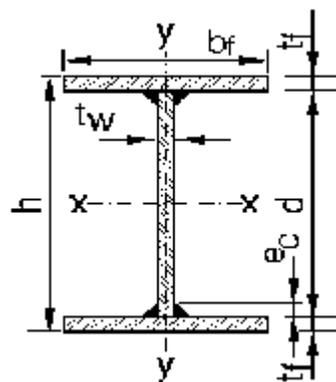
Perfis laminados leves

Steel deck

Núcleo de rigidez

Pilares tubulares

?



EVOLUÇÃO DAS ESTRUTURAS METÁLICAS

Perfis compostos soldados

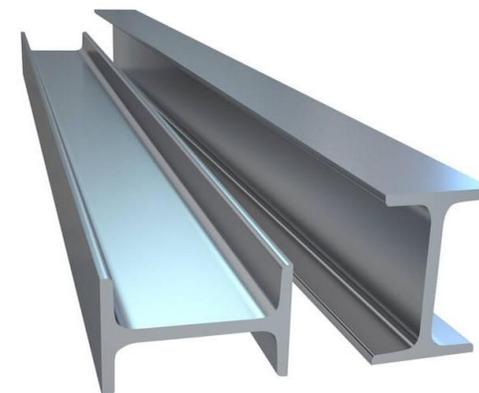
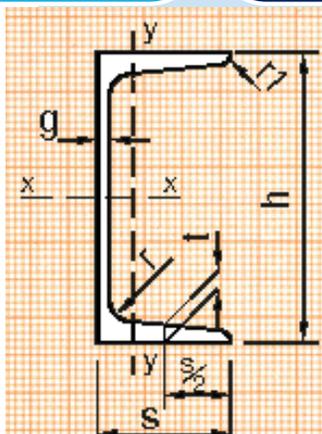
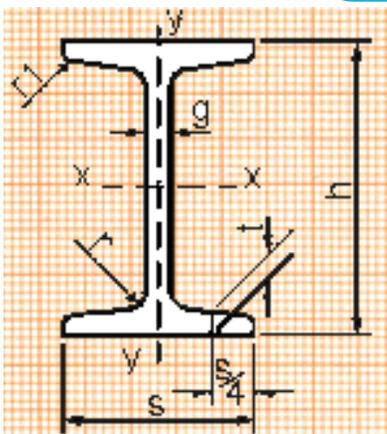
Perfis laminados leves

Steel deck

Núcleo de rigidez

Pilares tubulares

?



EVOLUÇÃO DAS ESTRUTURAS METÁLICAS

Perfis
compostos
soldados

Perfis
laminados
leves

Steel deck

Núcleo de
rigidez

Pilares
tubulares

?



EVOLUÇÃO DAS ESTRUTURAS METÁLICAS

Perfis
compostos
soldados

Perfis
laminados
leves

Steel deck

Núcleo de
rigidez

Pilares
tubulares

?



EVOLUÇÃO DAS ESTRUTURAS METÁLICAS

Perfis
compostos
soldados

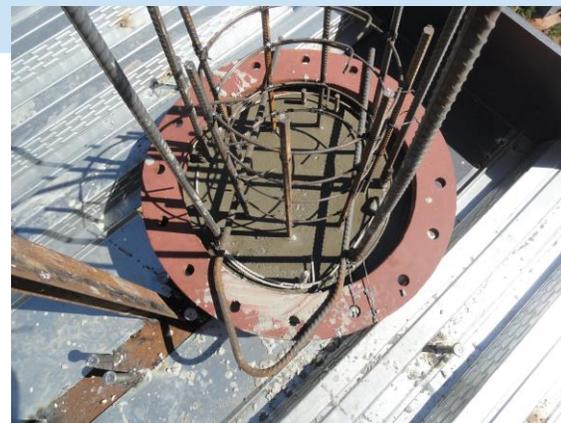
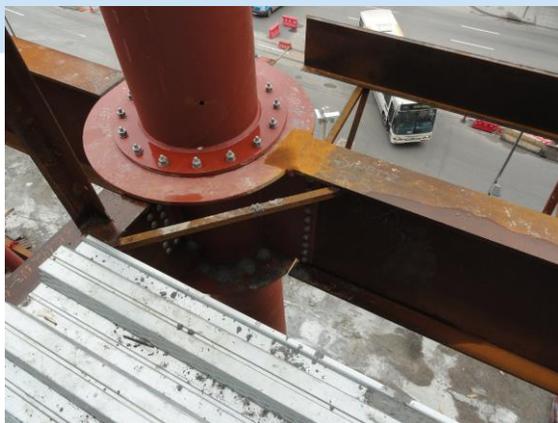
Perfis
laminados
leves

Steel deck

Núcleo de
rigidez

Pilares
tubulares

?

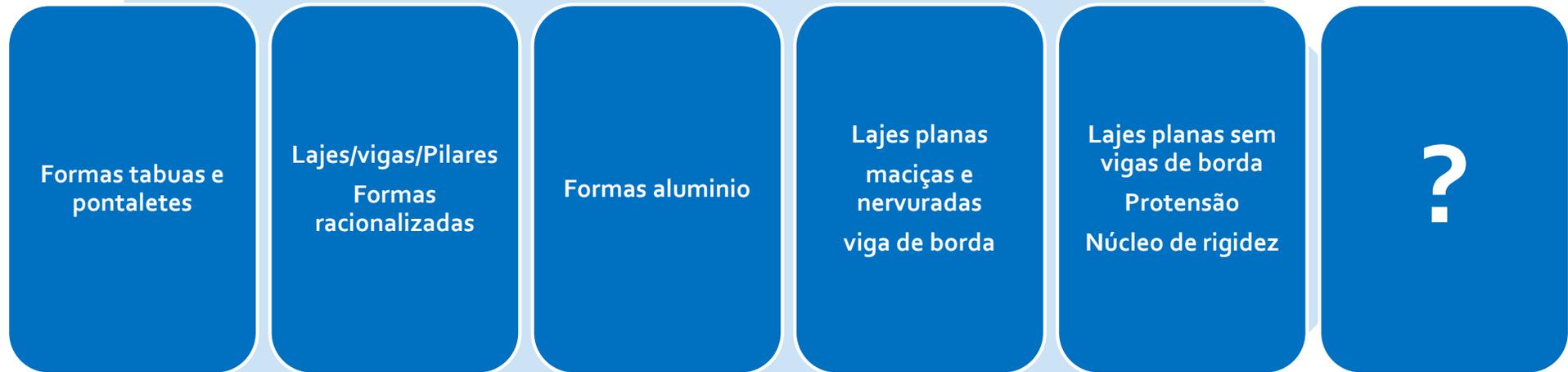


EVOLUÇÃO DAS ESTRUTURAS METÁLICAS



EVOLUÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

EVOLUÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO



EVOLUÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

Formas tabuas e
pontaletes

Lajes/vigas/Pilares
Formas
racionalizadas

Formas aluminio

Lajes planas
maciças e
nervuradas
viga de borda

Lajes planas sem
vigas de borda
Protensão
Núcleo de rigidez

?



EVOLUÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

Formas tabuas e
pontaletes

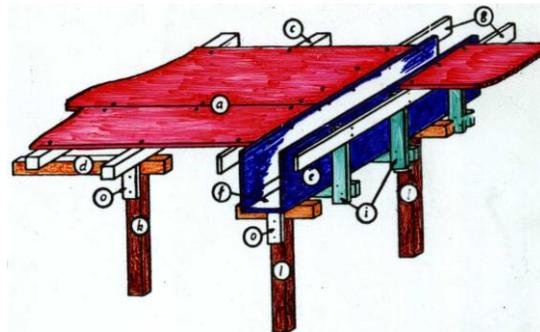
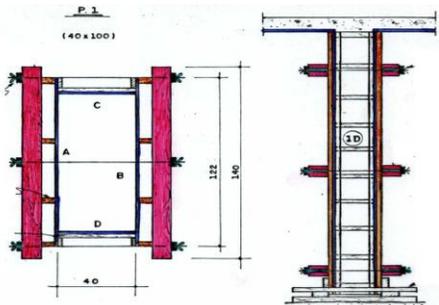
Lajes/vigas/Pilares
Formas
racionalizadas

Formas aluminio

Lajes planas
maciças e
nervuradas
viga de borda

Lajes planas sem
vigas de borda
Protensão
Núcleo de rigidez

?



EVOLUÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

Formas tabuas e
pontaletes

Lajes/vigas/Pilares
Formas
racionalizadas

Formas aluminio

Lajes planas
maciças e
nervuradas
viga de borda

Lajes planas sem
vigas de borda
Protensão
Núcleo de rigidez

?



EVOLUÇÃO DAS ESTRUTURAS

*Desktops mais potentes
Método dos elementos finitos*

CRETO ARMADO

Formas tabuas e pontaletes

Lajes/vigas/Pilares
Formas racionalizadas

Formas e escoramento de aluminio

Lajes planas maciças e nervuradas
viga de borda

Lajes planas sem vigas de borda
Protensão
Núcleo de rigidez

?



EVOLUÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

*Desktops mais potentes
Método dos elementos
finitos*

Formas tabuas e
pontaletes

Lajes/vigas/Pilares
Formas
racionalizadas

Formas aluminio

Lajes planas
maciças e
nervuradas
viga de borda

Lajes planas sem
vigas de borda
Protensão
Núcleo de rigidez

?



EVOLUÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

BIM - Building
Information Modeling

Formas tabuas e
pontaletes

Lajes/vigas/Pilares
Formas
racionalizadas

Formas aluminio

Lajes planas
maciças e
nervuradas
viga de borda

Lajes planas sem
vigas de borda
Protensão
Núcleo de rigidez

?

PROBLEMA: INTERAÇÃO ESTRUTURA X PAREDES



- *A estrutura reticulada precisa se deformar para mobilizar sua resistência e para serem econômicas.*
- *As paredes de alvenaria são rígidas.*

- *A resistência do materiais cada vez mais altas.*
- *Uso de lajes planas, mais deformáveis.*
- *Necessidade de vãos maiores.*

- *Paredes são comprimidas e não suportam tensões.*
- *Patologias diversas.*
- *A tecnologia "medieval" das vedações limitaram o avanço das estruturas.*

SOLUÇÃO: A PAREDE DE ENGENHARIA



- *Altíssima resiliência*
- *Permite sistemas no seu interior.*
- *Conforto sonoro dimensionável*
- *Alta precisão.*
- *Facilidade de sistema de "Porta-Pronta".*
- *Interação perfeita com lajes planas.*

SOLUÇÃO: A PAREDE DE ENGENHARIA



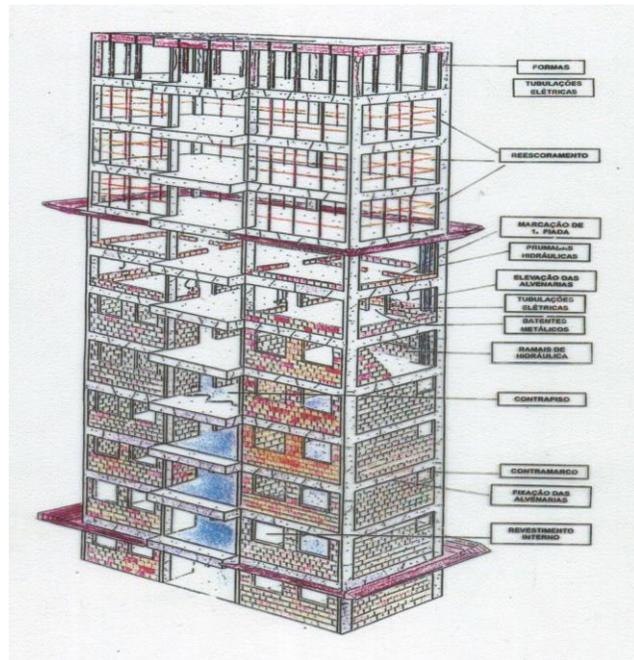
- *Tecnologia do drywall implantada com erros grandes no Brasil*
- *Visão do material e não no sistema de engenharia.*
- *Priorizar a venda de chapas.*
- *Foco na baixa renda e no baixo custo.*
- *Treinamento na mão de obra rudimentar.*
- *Não houve capacitação em projetos.*
- *Não houve capacitação para as equipes administrativas de obra.*
- *Não foram desenvolvidos fornecedores de equipamentos.*
- *Não foi desenvolvidos fornecedores de componentes complementares.*
- *Exemplo clássico de como uma tecnologia não deve ser implantada. Atraso de 20 anos!!!*



*iliência
mas no seu interior.
oro dimensionável
e sistema de "Porta-*

- *Interação perfeita com lajes planas.*

EVOLUÇÃO DAS FACHADAS



Fachada de alvenaria revestida de argamassa

Pré-moldada em concreto ou GFRC



Moldada em concreto "in loco"



Light Steel Frame



COMO SERÁ A EVOLUÇÃO DAS ESTRUTURAS?

- *Tendência de industrialização dos sistemas construtivos.*
- *A produtividade e a industrialização é o tema do momento.*
- *Temos no mercado brasileiro todos os componentes para a industrialização.*
- *Mínima interferência entre os sistemas do edifício.*
- *Uso da indústria automobilística como referência.*

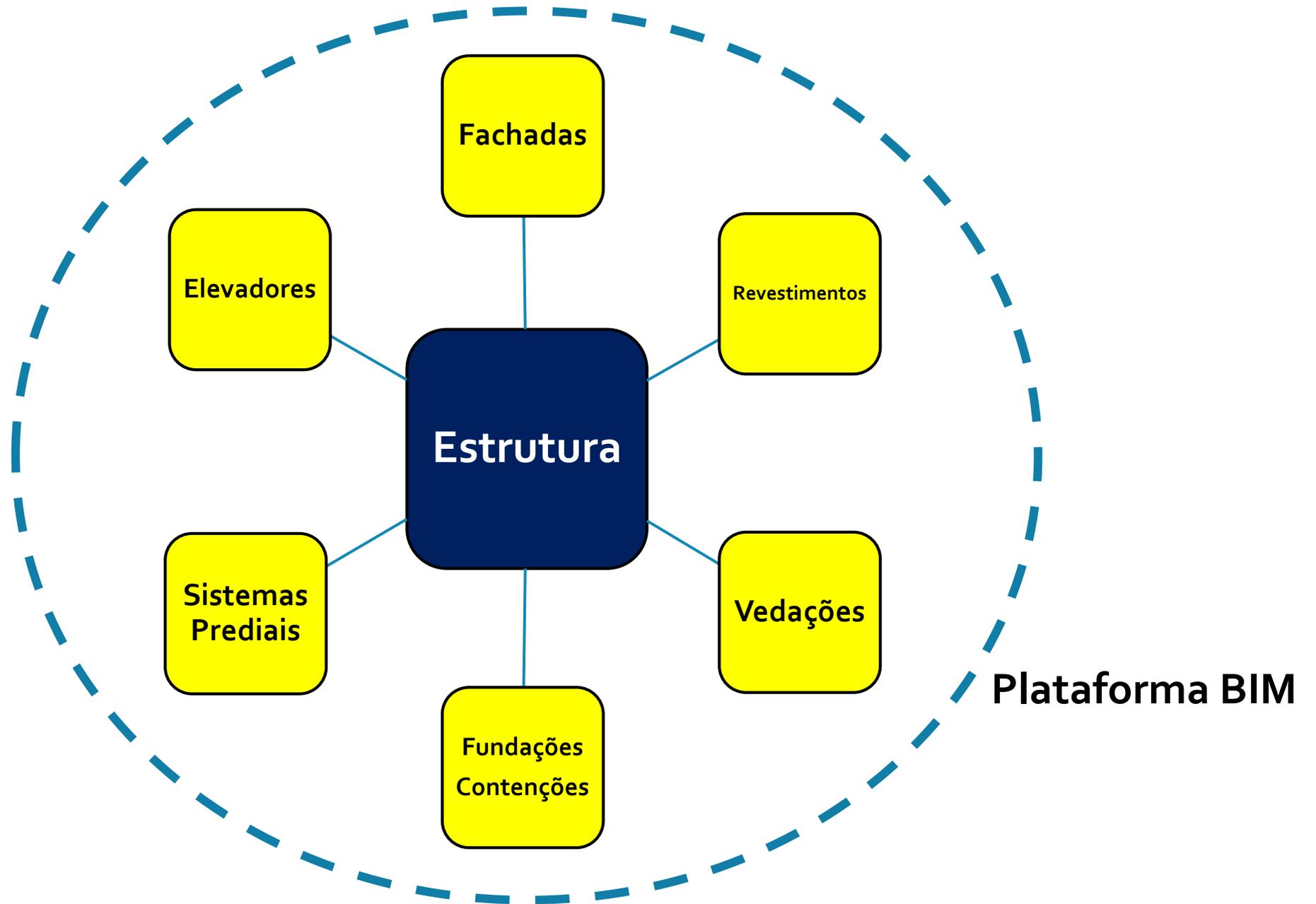


LINHA DE MONTAGEM AUTOMOBILÍSTICA



- ***Chassis é a parte que hospeda todas os demais sistemas.***
- ***Peça de alta precisão.***
- ***Elemento resistente do veículo.***
- ***Interface com todos demais sistemas.***

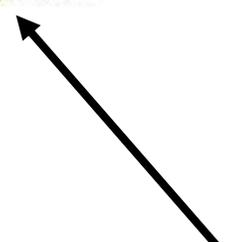
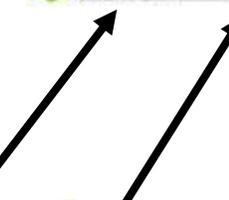
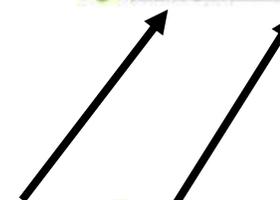
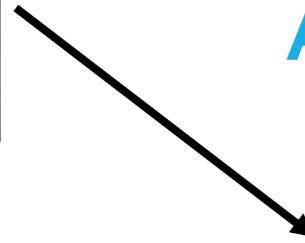
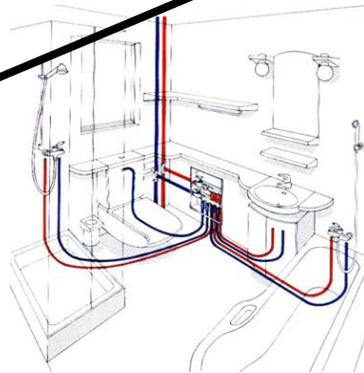




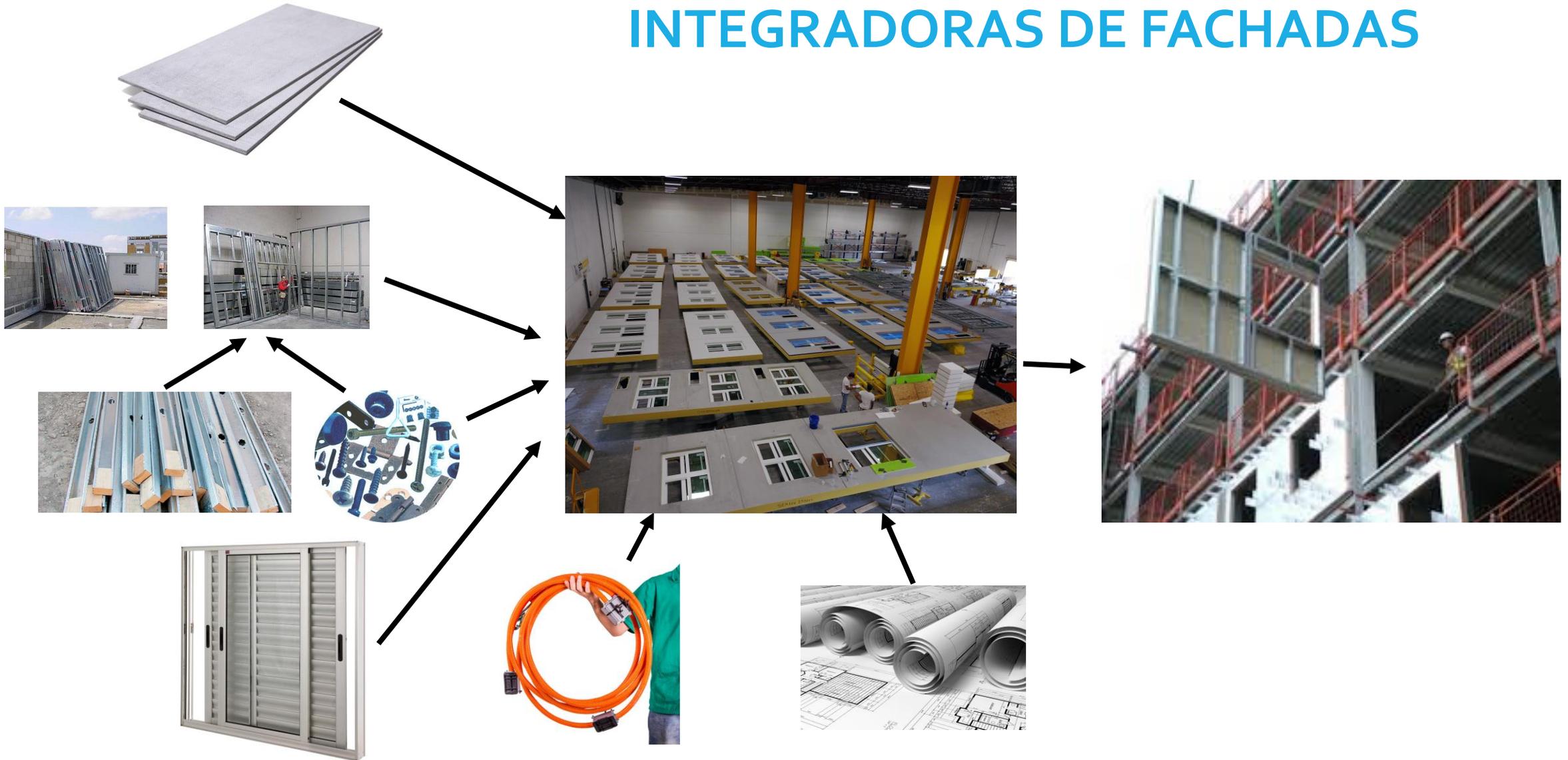
INTEGRAÇÃO VEDAÇÕES INTERNAS



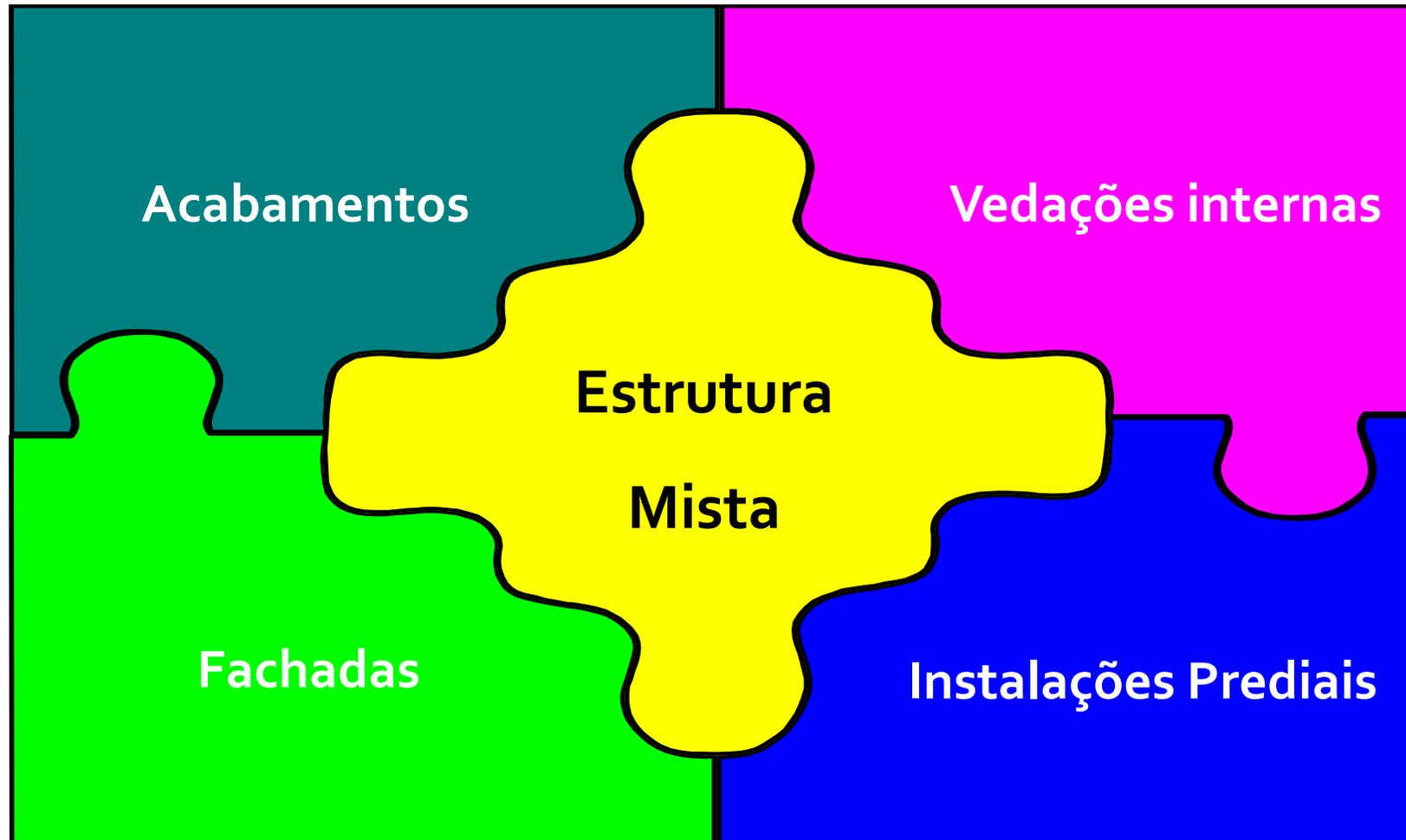
INTEGRADORAS DE AREAS MOLHADAS



INTEGRADORAS DE FACHADAS



INDUSTRIALIZAÇÃO: INTEGRAÇÃO ENTRE TODAS AS PARTES DA CONSTRUÇÃO



QUAL A TENDENCIA DO PROJETO ESTRUTURAL NA INDUSTRIALIZAÇÃO?

- *As soluções estruturais serão mistas, aproveitando o que cada tipo de sistema tem de melhor.*
- *Alta produtividade: interferência entre o sistema estrutural e os demais sistemas tem que ser mínima.*
- *Alta velocidade para a redução dos custos fixos.*
- *Os sistemas estruturais terão seus limites de deslocamentos aumentados, limitados somente pela estética e desempenho.*
- *Estabilidade e contraventamento horizontal feito por núcleo de rigidez moldado "in-loco" com formas trepantes.*
- *Intensificação de lajes planas protendidas, sem vigas, concreto autonivelante e F_{ck} acima de 50 MPa.*
- *Estruturas metálicas com ligações simples (encaixes por gravidade) e pintura intumescente resistentes ao transporte.*
- *Uso de pilares de aço tubular soldado com armadura interna, auto ajustável, mesmo em lajes planas protendidas.*
- *Uso de escadas metálicas em qualquer tipo de estrutura.*
- *Redução drástica do peso dos edifícios em mais de 30%.*

PROJETISTA ESTRUTURAL NESSE NOVO CENÁRIO

- *Ser flexível e entender a estrutura dentro solução do edifício como um todo.*
- *Conhecer em profundidade de todos os tipos de estrutura de modo a poder mescla-los.*
- *Privilegiar as soluções de alta produtividade e não as de menor consumo de materiais.*
- *Privilegiar as soluções industrializadas em detrimento as artesanais.*
- *Conhecer em mais profundidade o custo das obras e como a estrutura impacta nesse custo (principalmente custos fixos).*
- *Conhecer em profundidade as interfaces da estrutura com os demais sistemas do edifício.*
- *Participar intensamente da obra, dos custos e consequências das decisões de projeto.*
- *Buscar avaliação e feed-back. Priorizar a melhoria continua da sua empresa de projeto.*
- *Se acostumar e participar intensamente do processo de peer-review.*

PROJETISTA ESTRUTURAL - ATENÇÃO

- Projeto estrutural não é matemática mas usa a matemática como ferramenta.
- Seja mais engenheiro e menos matemático.
- Atenção com o uso de sistemas computacionais: "shit in, shit out"
- Esforços obtidos por métodos elásticos nunca acontecem. Análise crítica.
- Cuidado com "critérios pessoais" nos projetos.
- Seja ético e atenção com a ética no processo de peer-review.
- Invista em BIM. Já é o presente e será muito mais no futuro.
- Privilegie o trabalho em equipe. A estrutura é parte da solução mas não a própria solução.
- Mantenha-se atualizado.
- Tire o traseiro da cadeira e vá aprender na obra: custo e consequência das decisões de projeto.

OBRIGADO!