PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

Construção Metálica

Escola de Minas – Universidade Federal de Ouro Preto

arquitetura bioclimática e desempenho térmico de edificações

Henor Artur de Souza - PROPEC

Conceito

- Harmonia entre as construções, o clima e as características locais.
- Adoção de soluções arquitetônicas e urbanísticas adaptadas às condições do clima e hábitos de consumo de cada lugar.
- Inserção do objeto a ser construído minimizando os impactos locais, sem influenciar no conforto do usuário.

Preocupação

- **Uma arquitetura bioclimática é aquela pensada para economizar e conservar a energia captada.**
- **Em geral é pensada com o clima do lugar, o sol, o vento, a vegetação e a topografia, com um desenho que permite tirar proveito das condições naturais do lugar impactando-os ao mínimo.**
- **Aplicação dos elementos arquitetônicos com o objetivo de fornecer ao ambiente construído, um alto grau de conforto higrotérmico com baixo consumo de energia.**

Principais diretrizes

- Eficiência energética das edificações;
- Uso de matérias-primas ecoeficientes;
- Técnicas construtivas e tecnologias em busca da sustentabilidade;
- Conservação e uso racional da água;
- Gerar mínimo de resíduos;
- Proporcionar saúde e bem-estar aos usuários;
- Criar um ambiente interior confortável e saudável.

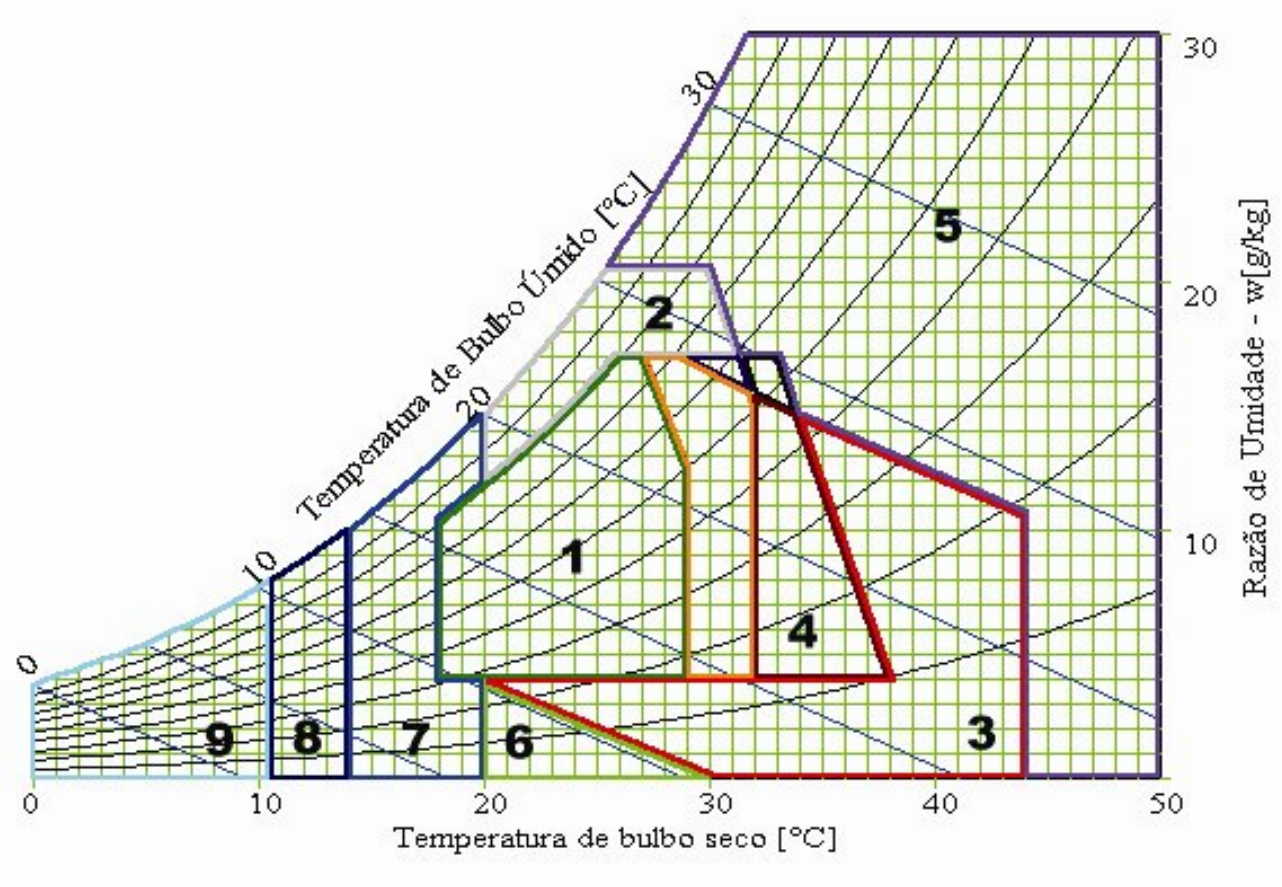
Bioclimatologia

- **Cartas bioclimáticas que associam o comportamento climático do entorno, as estratégias indicadas para cada período do ano e a zona de conforto térmico.**

- **Pioneiro - Olgyay (1963)**
  - **conceito de projeto bioclimático**
  - **limitações -** somente em relação às condições externas

Bioclimatologia

> **Carta Bioclimática de Givoni (1992)**



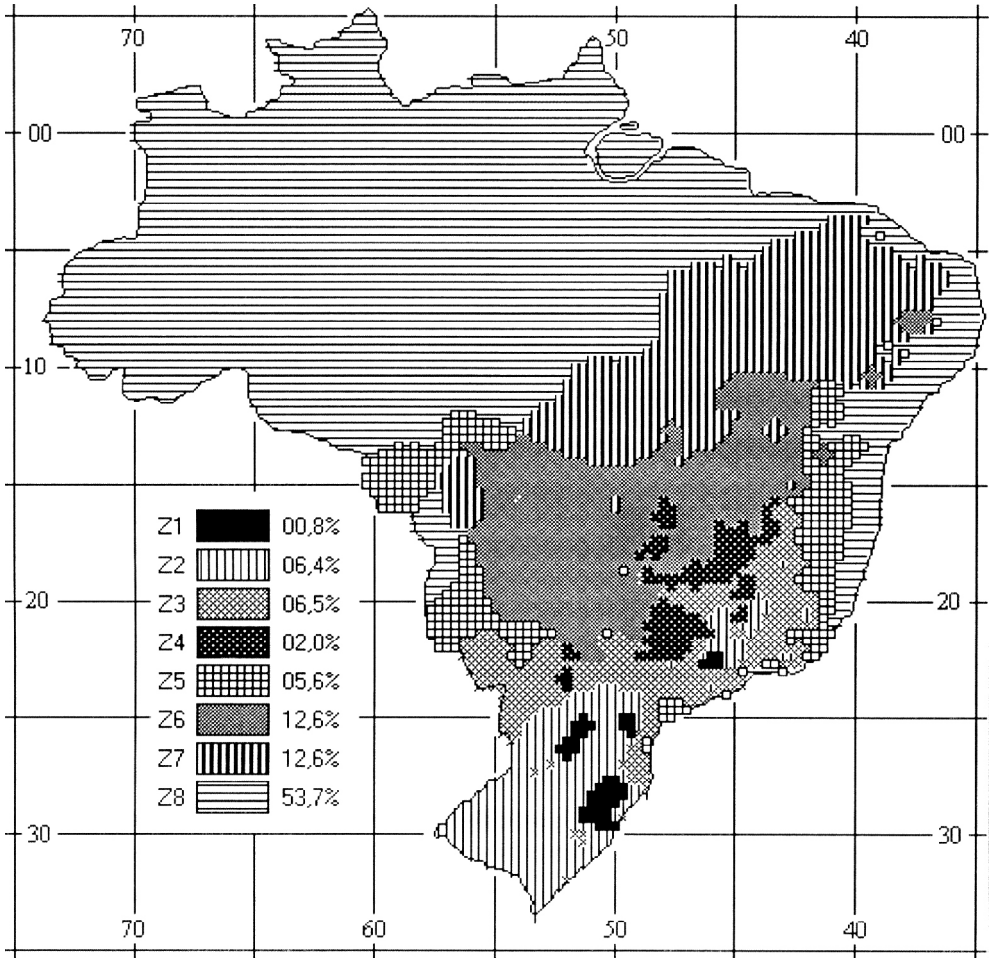
1 – Zona de Conforto
2 – Zona de Ventilação
3 – Zona de Resfriamento Evaporativo
4 – Zona de Massa Térmica para Resfriamento
5 – Zona de Ar Condicionado
6 – Zona de Umidificação
7 – Zona de Massa Térmica e Aquecimento Solar Passivo
8 – Zona de Aquecimento Solar Passivo
9 – Zona de Aquecimento Artificial

Bioclimatologia

- **Brasil - país com dimensões continentais e um clima com variações imensas. Dos pampas gaúchos, com seus climas amenos, ao sertão nordestino, com sua aridez intrínseca.**

Bioclimatologia

NBR 15220:2005 - Zoneamento Bioclimático Brasileiro



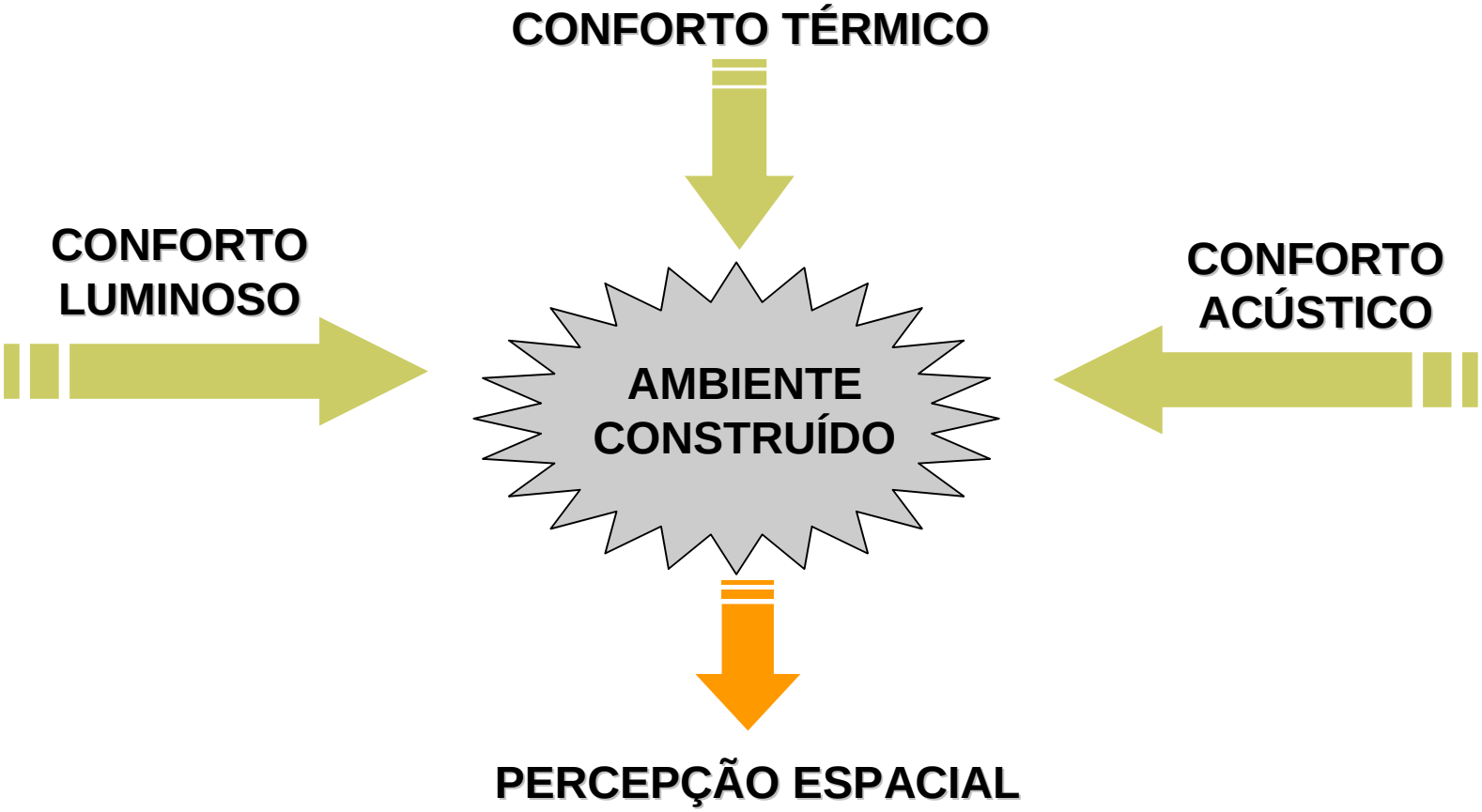
Conforto ambiental

Conforto ambiental x Desempenho das edificações

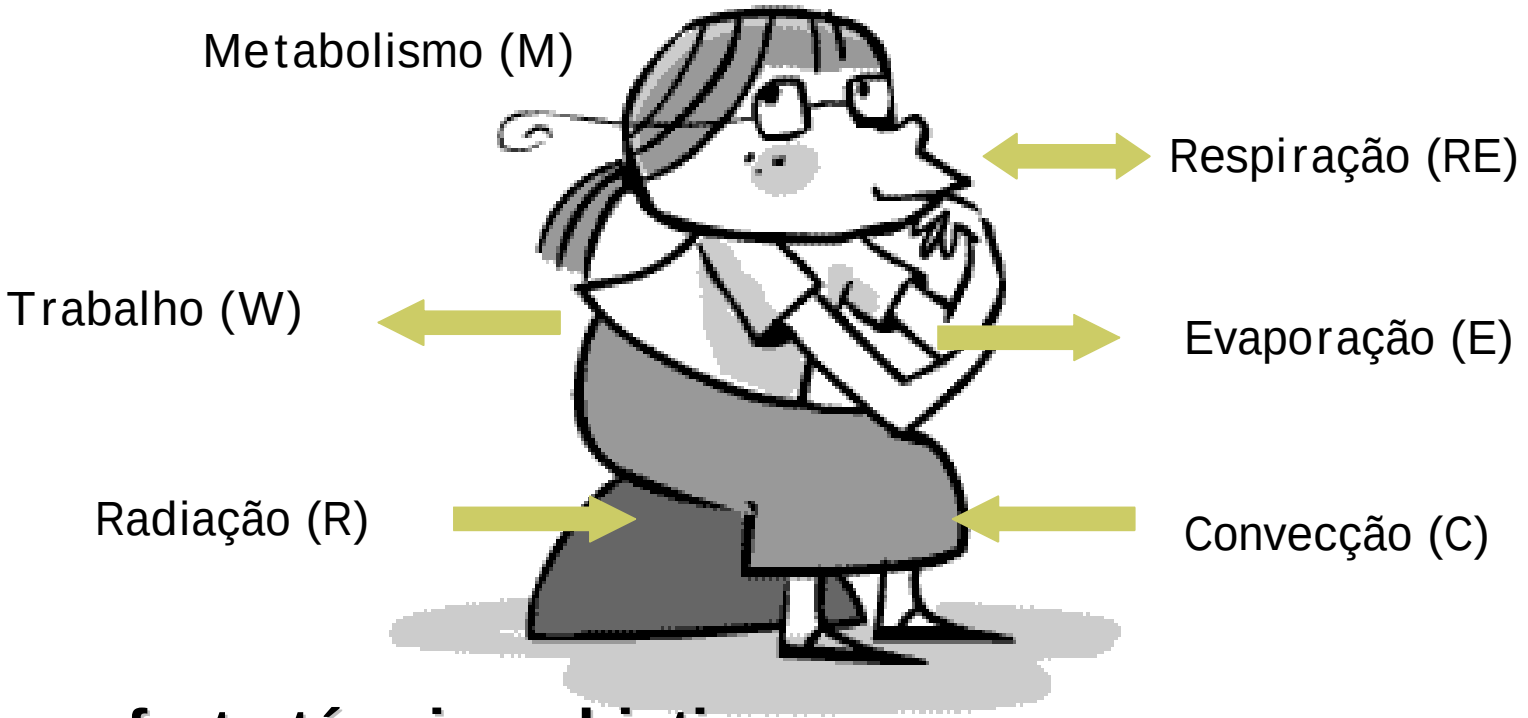
- Condições satisfatórias de conforto térmico, acústico e luminoso para os usuários
- Condições ambientais adequadas a processos produtivos

Os ambientes podem ser climatizados por estratégias ativas (condicionamento artificial):Norma ISO 7730 e ASHRAE 55, ou então aproveitar-se de estratégias naturais para obter um ambiente mais confortável.

Pessoa x Ambiente Construído



Pessoa x Ambiente Construído



O conforto térmico objetiva:

∆ Evitar temperaturas internas muito elevadas no verão e muito baixas no inverno;

∆ Integração otimizada dos dados de temperatura, umidade relativa e ventilação.

Pessoa x Ambiente Construído

O conforto acústico objetiva:

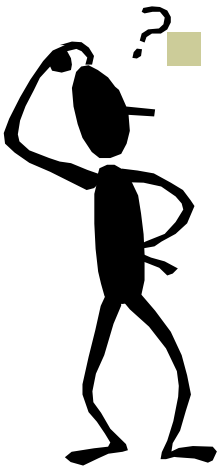
- Obtenção de boas condições de sossego e trabalho;
- Níveis de ruído aceitáveis;
- Garantia das condições de inteligibilidade;
- Consideração de efeitos psicológicos no usuário do ambiente construído.

O conforto luminoso objetiva:

- Boas condições de visibilidade;
- Bons níveis de iluminâncias (E);
- Equilíbrio na distribuição de iluminância pelo local;
- Evitar ofuscamento;
- Consideração dos aspectos pisco-estéticos.

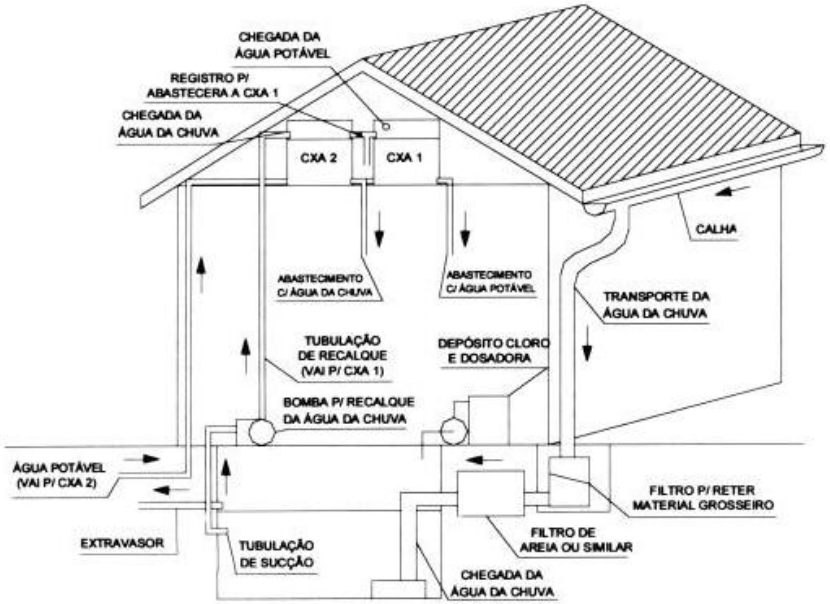
Estratégias de Projeto Bioclimático

- Controlar os ganhos de calor através do sistema de fechamento e cobertura
- Dissipar a energia térmica do interior do edifício
- Remover a umidade em excesso e promover o movimento de ar adequado
- Promover o uso da iluminação natural
- Controlar o ruído



Alguns tipos de estratégias

- Uso da água: reutilização da água como uma atividade racional e eficiente, controlando as perdas e o desperdício (ex. água da chuva para lavar pátios, carros e regar jardins)



Alguns tipos de estratégias

- Utilização do telhado verde: auxilia na coleta de água da chuva e ao mesmo tempo melhora o desempenho térmico interno da edificação.

Alguns tipos de estratégias

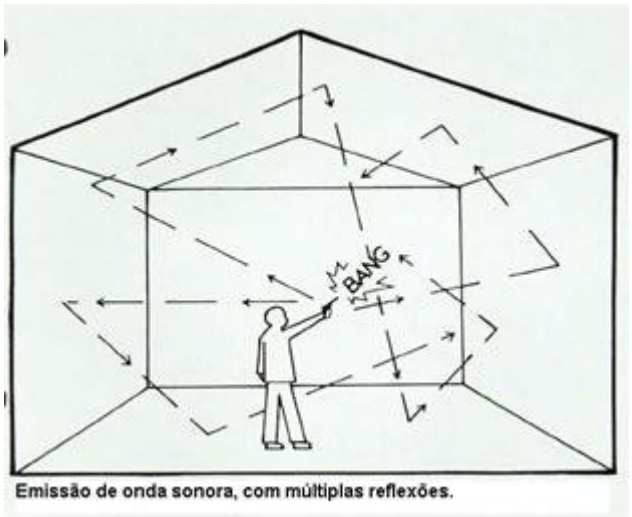
- Iluminação: maior captação da luz natural, reduzindo o consumo da luz artificial.
- Devem ser estudadas aberturas que permitam a entrada de radiação solar direta, luz natural.

Alguns tipos de estratégias

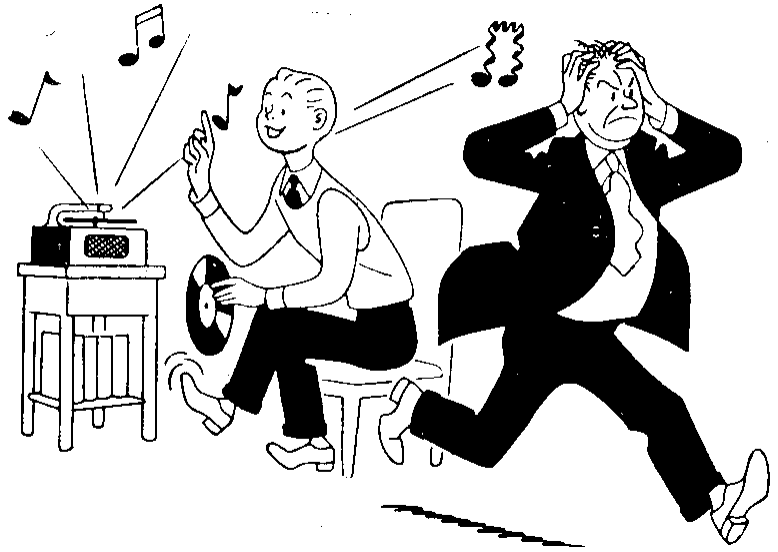
Alguns tipos de estratégias

Controle de ruído:

- Dispor elementos que dificultem sua transmissão, tanto para ruídos provindos de fontes localizadas no próprio edifício quanto para os gerados fora dele.



Emissão de onda sonora, com múltiplas reflexões.



Alguns tipos de estratégias

Alguns tipos de estratégias

Para controlar os ganhos de calor, as estratégias são:

- Minimizar a energia solar que entra pelas aberturas.
- Minimizar a energia solar absorvida pelas paredes externas.
- Colocar isolantes térmicos nas superfícies com maior insolação (paredes ou teto)

Alguns tipos de estratégias

Para aumentar a dissipação de energia do espaço habitado deve-se:

- Promover níveis maiores de ventilação quando a temperatura externa for menor que a interna.

- Combinar a ventilação noturna com a inércia térmica (promover o movimento do ar, e escolher e dispor os elementos e materiais de construção).

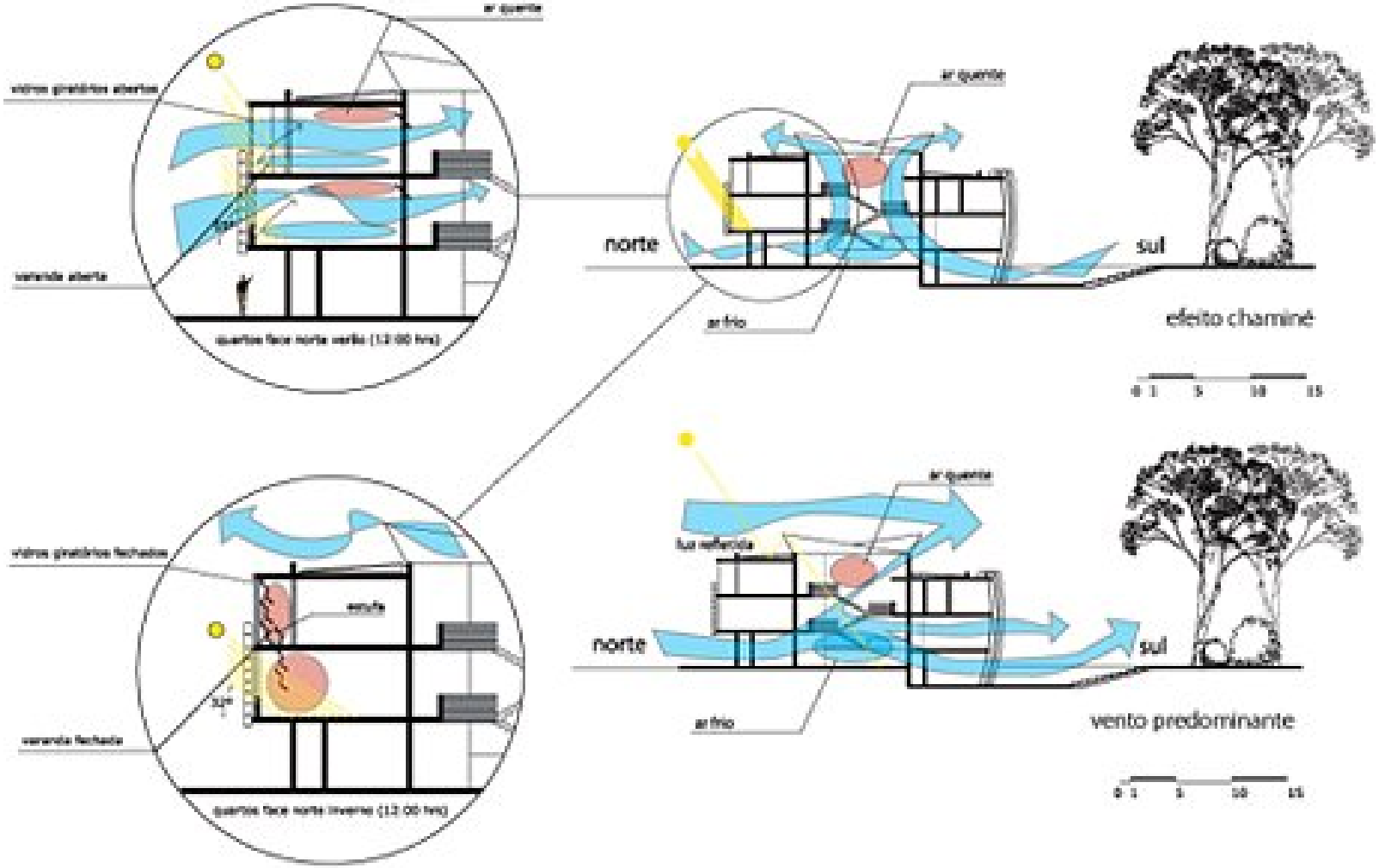
Alguns tipos de estratégias

Para remover a umidade em excesso e movimentar o ar:

- Deve-se promover o movimento do ar e sua renovação durante o período de ocupação do ambiente pelas pessoas.

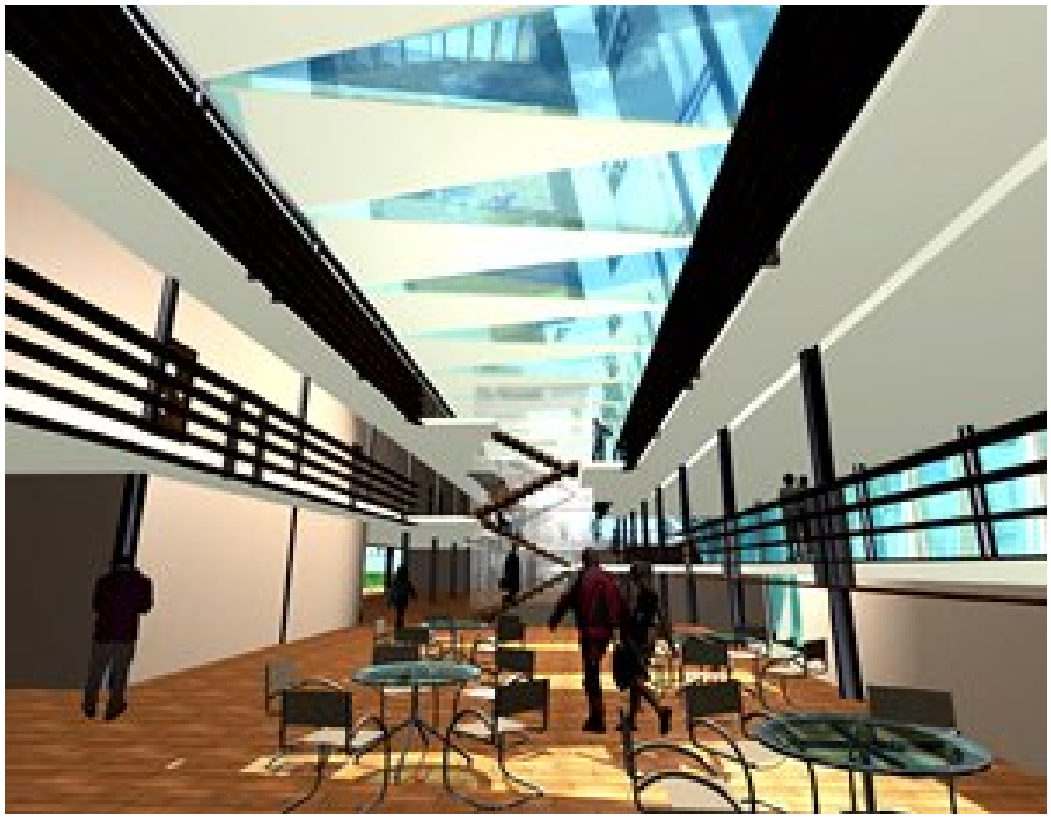
Alguns tipos de estratégias

Estudo do vento, barreiras e movimento solar em favor da implantação.



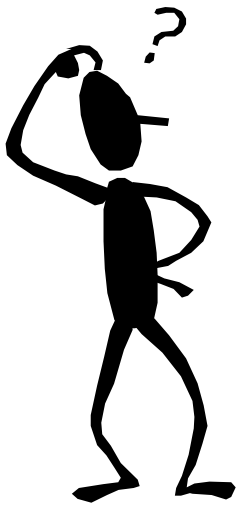
Alguns tipos de estratégias

Aberturas zenitais e laterais como captação da luz natural sem ofuscamento



Adequação Climática

- ☆Inércia Térmica
- ☆Isolação Térmica
- ☆Ventilação
- ☆Sombreamento
- ☆etc...



Conceito de Desempenho

COMPORTAMENTO EM USO

CRITÉRIOS DE DESEMPENHO

Condições que devem ser atendidas pelo produto ou sistema, quando submetido às CONDIÇÕES DE EXPOSIÇÃO de modo a atender às EXIGÊNCIAS HUMANAS

Apresentam grande flexibilidade em função de características:

- culturais
- climáticas
- sociais
- econômicas

Os critérios devem ser:

- dinâmicos
- adequados às condições locais e temporais e estar em constante processo de atualização

Ferramentas de Avaliação

- Os métodos existentes vão desde etapas de programação, orientando para o planejamento de edifícios sustentáveis, passando por simuladores de desempenho que apóiam as etapas de projeto básico e projeto executivo, até métodos de avaliação do edifício já em operação:

⇒ **avaliação qualitativa in loco** (**visão do usuário-avaliação pós-ocupação**);

⇒ **avaliação investigativa in loco** (**diagnóstico da situação atual**);

⇒ **avaliação experimental in loco** (**medições**);

⇒ **avaliação global e dinâmica** (**simulação**).

Pensando no Desempenho Térmico

Etapas para o Processo de Avaliação de Desempenho Térmico

- **Caracterização das exigências humanas de conforto térmico;**
- **Caracterização das condições típicas de exposição ao clima;**
- **Caracterização da edificação e do seu perfil de ocupação.**

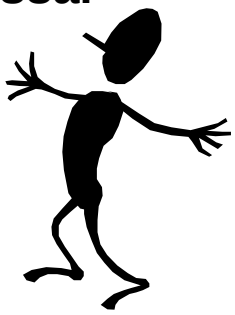
- **Determinação do comportamento térmico da edificação**

- **AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DA EDIFICAÇÃO**

Exigências Humanas

CONFORTO TÉRMICO

"Pelo menos 80% dos ocupantes devem expressar satisfação com o ambiente térmico" (ANSI/ASHRAE 55 e ISO 7730)



STRESS TÉRMICO

- **"Calor" -T_{GBU} ou IBUTG (Lei Federal 6.514)**
- **"Frio"- *Wind Chill Index* (Rel.Técnico ISO/TR 11.079)**

UMIDADE ABSOLUTA

Mínimo:
4,7 $g_{v.a}/kg_{ar\ seco}$

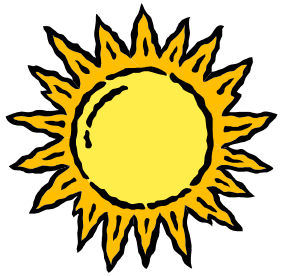
ΔT (na vertical)

Máximo:
3 °C

ASSIMETRIA DE TEMPERATURA RADIANTE

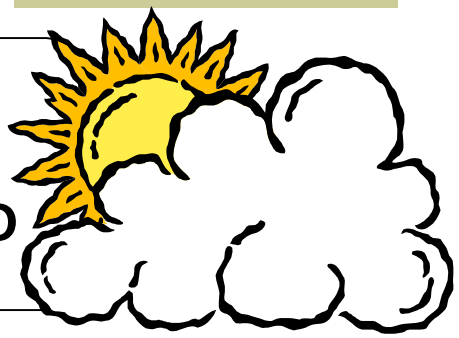
Máximo: 10 °C (horizontal)
Máximo: 5 °C (vertical)

Caracterização Climática



DIAS TÍPICOS DE PROJETO

- **VERÃO**
- **INVERNO**



PARÂMETROS

- **Temperatura do ar**
- **Umidade relativa do ar**
- **Radiação solar global**
- **Velocidade média do vento predominante**

(valores horários)

Caracterização da Edificação

Edificação → **Ambientes Típicos**

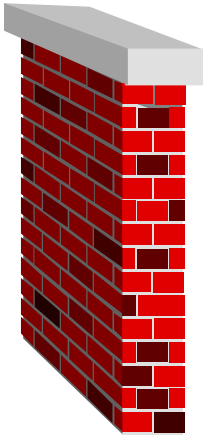
OCUPAÇÃO

- Período de ocupação
- Número de ocupantes
- Atividades típicas
- Taxas de liberação de energia térmica e de vapor de água de equipamentos e processos

ELEMENTOS E MATERIAIS

MATERIAIS

- Calor específico
- Densidade
- Condutividade térmica



ELEMENTOS E COMPONENTES

Transmitância à radiação solar
Absortância à radiação solar
Refletância à radiação solar
Emissividade
Resistência térmica dos espaços de ar
Forma, Dimensões, Orientação solar

Como avaliar o desempenho térmico da edificação?

Em função do grande número de variáveis envolvidas nos processos de troca de calor

- ⇒ **os parâmetros ambientais**
- ⇒ **a atividade e o número de ocupantes**
- ⇒ **o tipo de ocupação da edificação**

Em função do regime dinâmico dos processos de troca de calor presentes

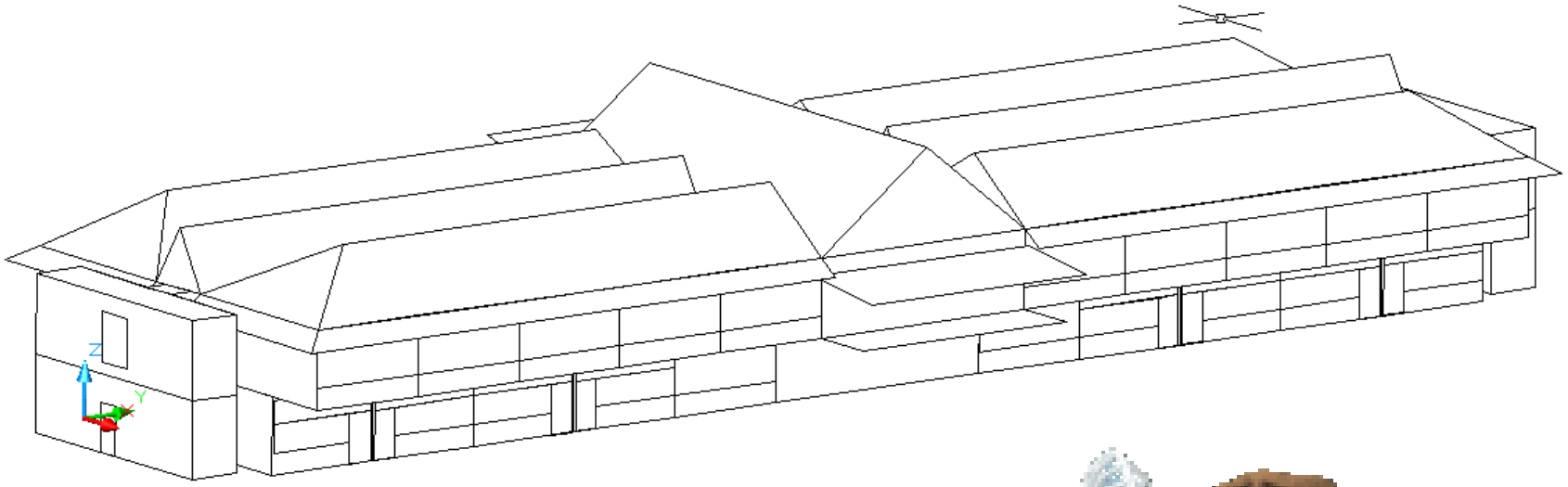
SIMULAÇÃO NUMÉRICA

Simulação numérica

> **Etapas da simulação**

Exemplo - Edificação já construída

Edificação estruturada em aço



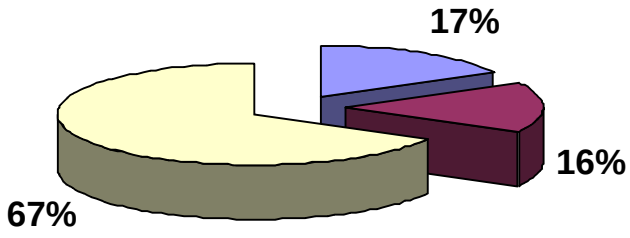
Qual Diagnóstico?
Desempenho adequado?

Exemplo - Edificação já construída

- Estrutura metálica aparente.
- Cobertura em telhas cerâmicas e em policarbonato transparente.
- Não existe laje de cobertura, apenas forro em PVC, no segundo pavimento.
- Piso em granilite.
- Fechamento externo e interno em alvenaria
- O entorno possui pouca vegetação e muito ruído.

Avaliação Pós-ocupação: Visão do usuário

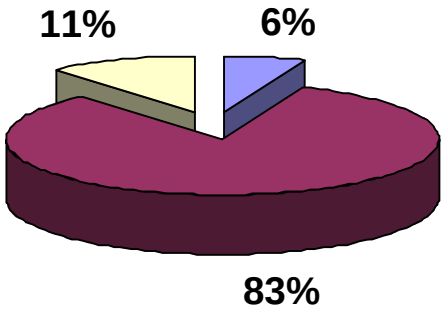
Avaliação do conforto térmico



INVERNO

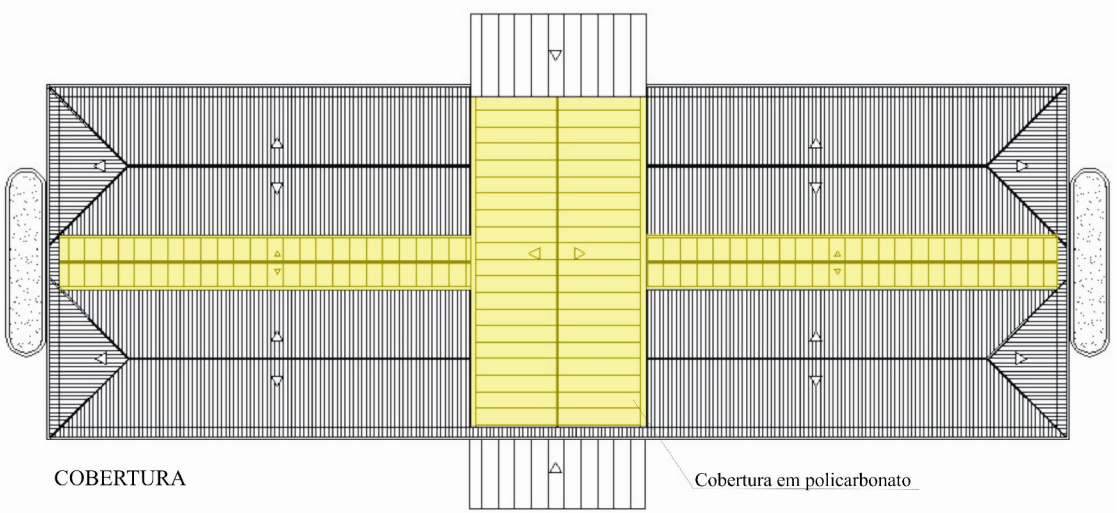
Indiferente Desconfortável Confortável

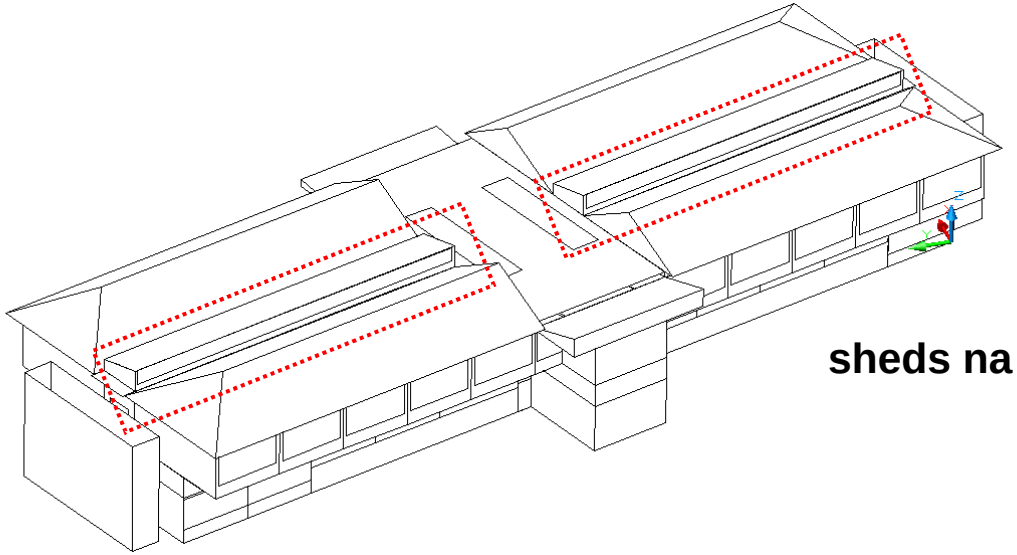
VERÃO



Indiferente Desconfortável Confortável

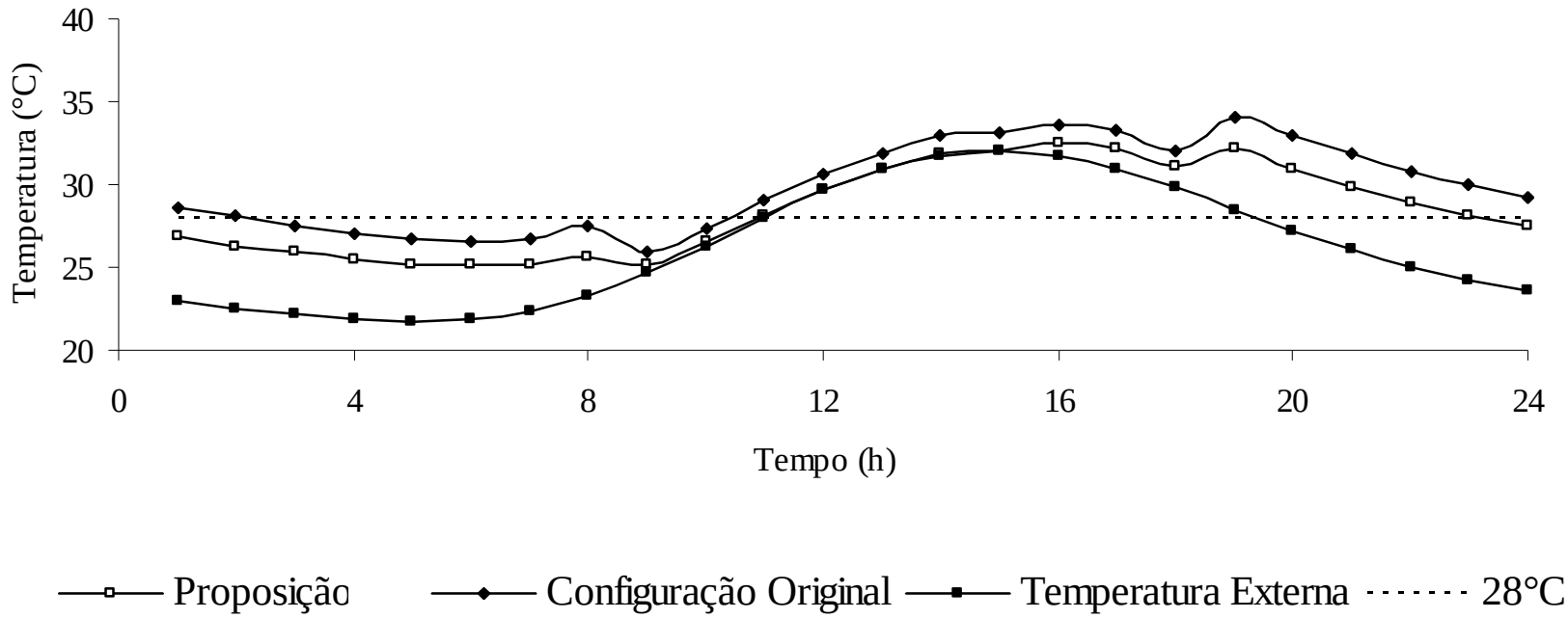
Simulação numérica: Intervenção?



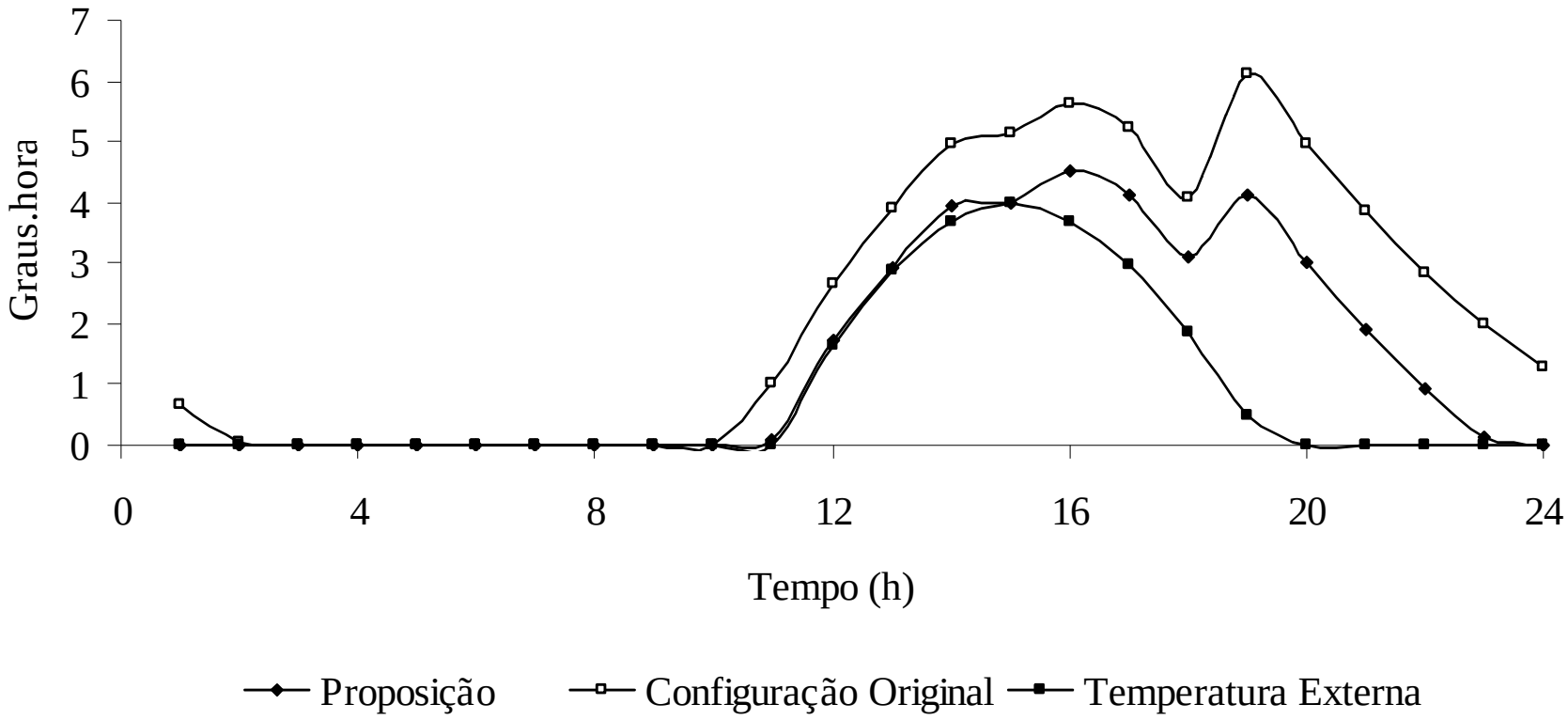


sheds na cobertura

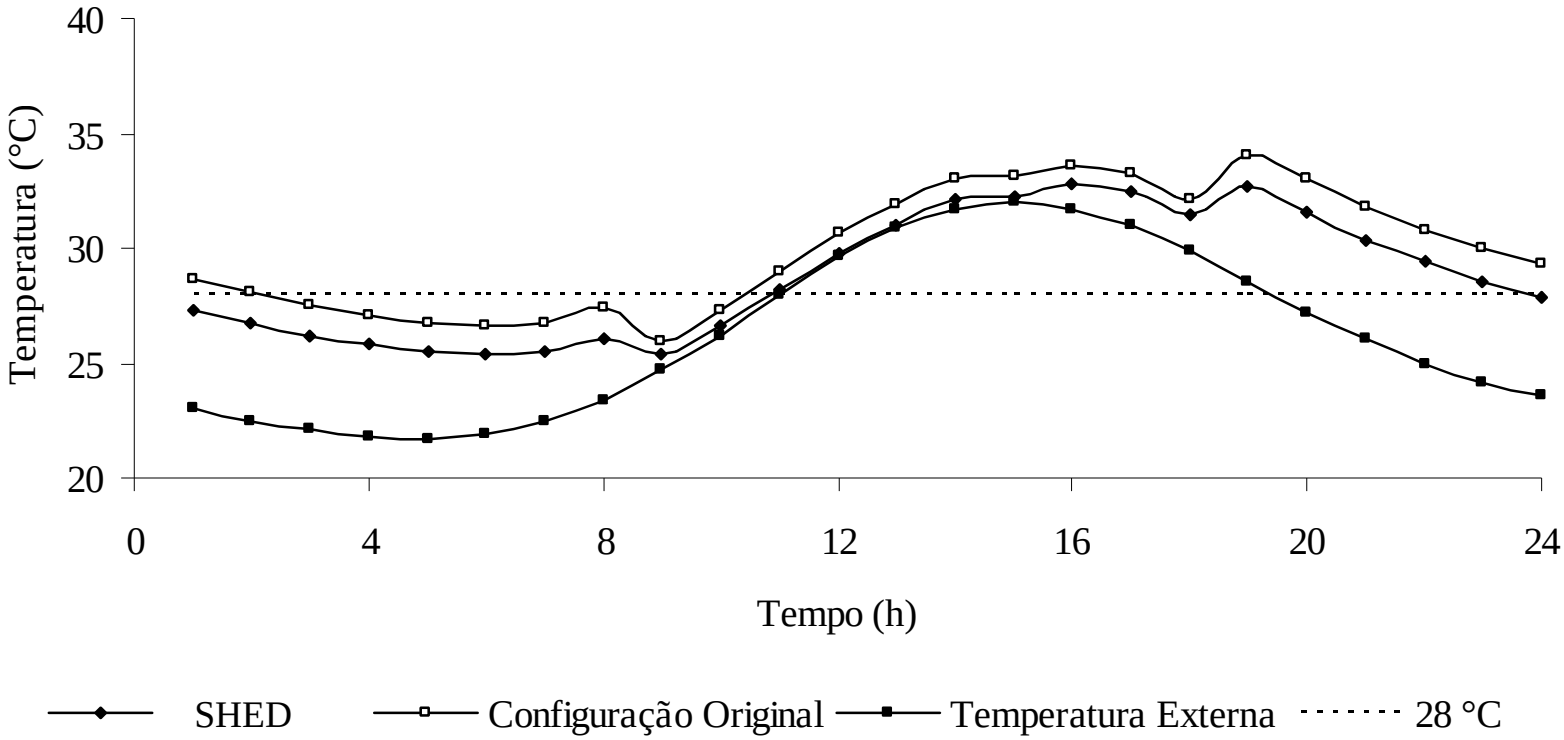
Simulação numérica



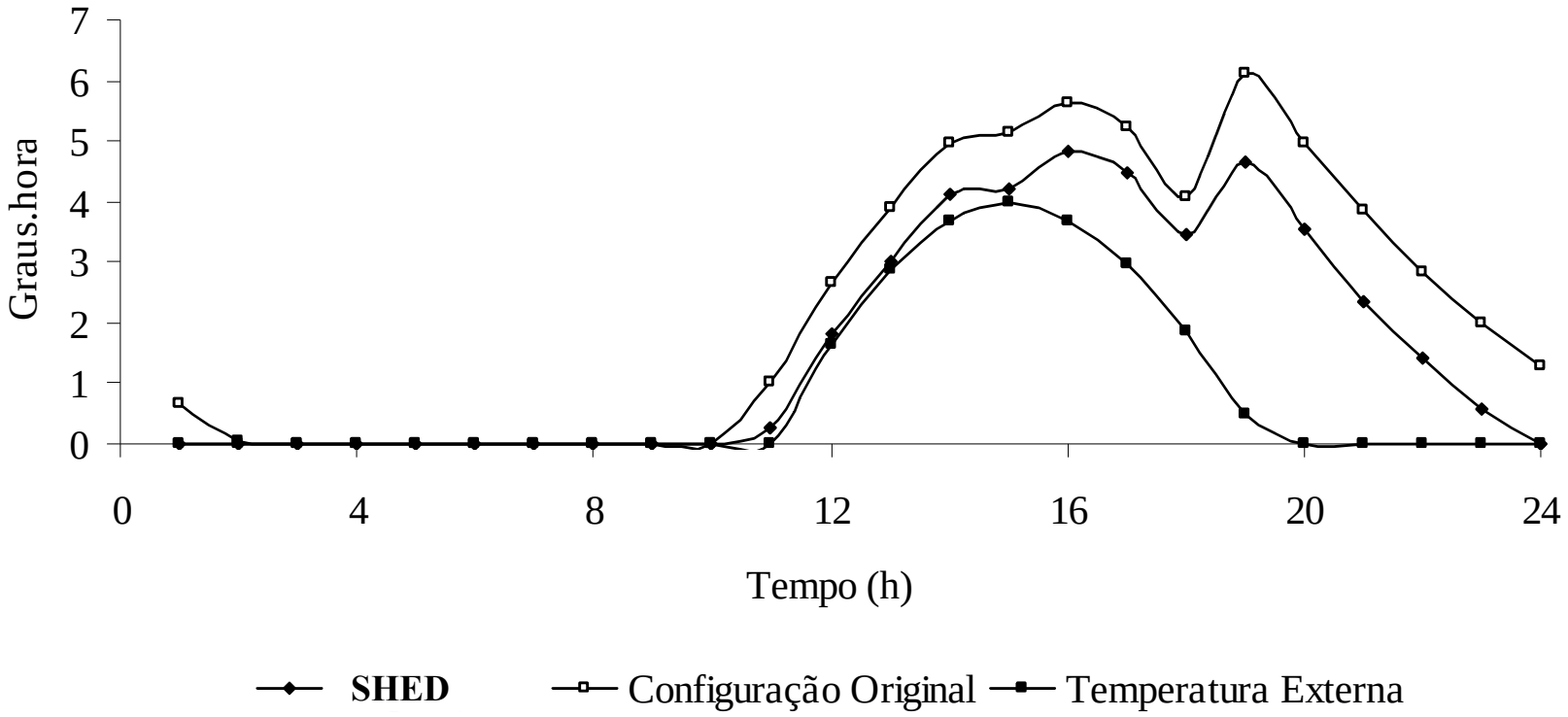
Simulação numérica



Simulação numérica

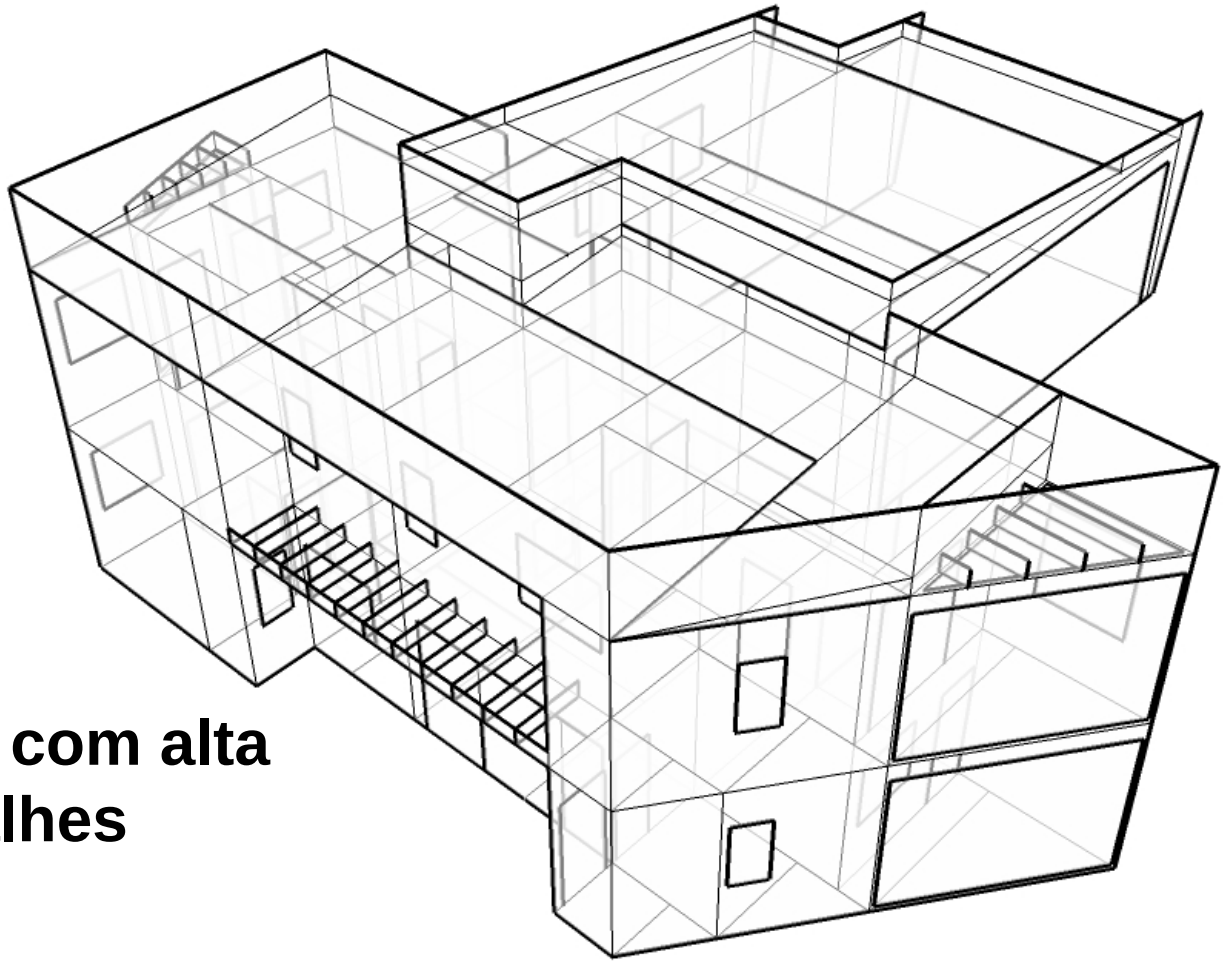


Simulação numérica



Edificação a ser construída

Avaliação de desempenho térmico de edificações residenciais estruturadas em aço.



Um pré-projeto com alta riqueza de detalhes

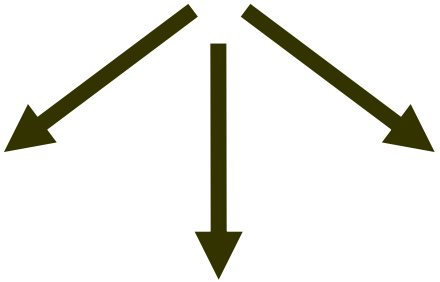
Condicionantes de um projeto energeticamente eficiente!!!

- Sistema de fechamento vertical?
  ⇒ interno e externo
- Cobertura?
- Aberturas – ventilação x iluminação natural?

Adequação climática

Considerações Finais

socializar a informação = retroalimentar



Meio acadêmico:

- promover proximidade maior com o meio social
- reverter resultados como conteúdo de formação de novos profissionais da área

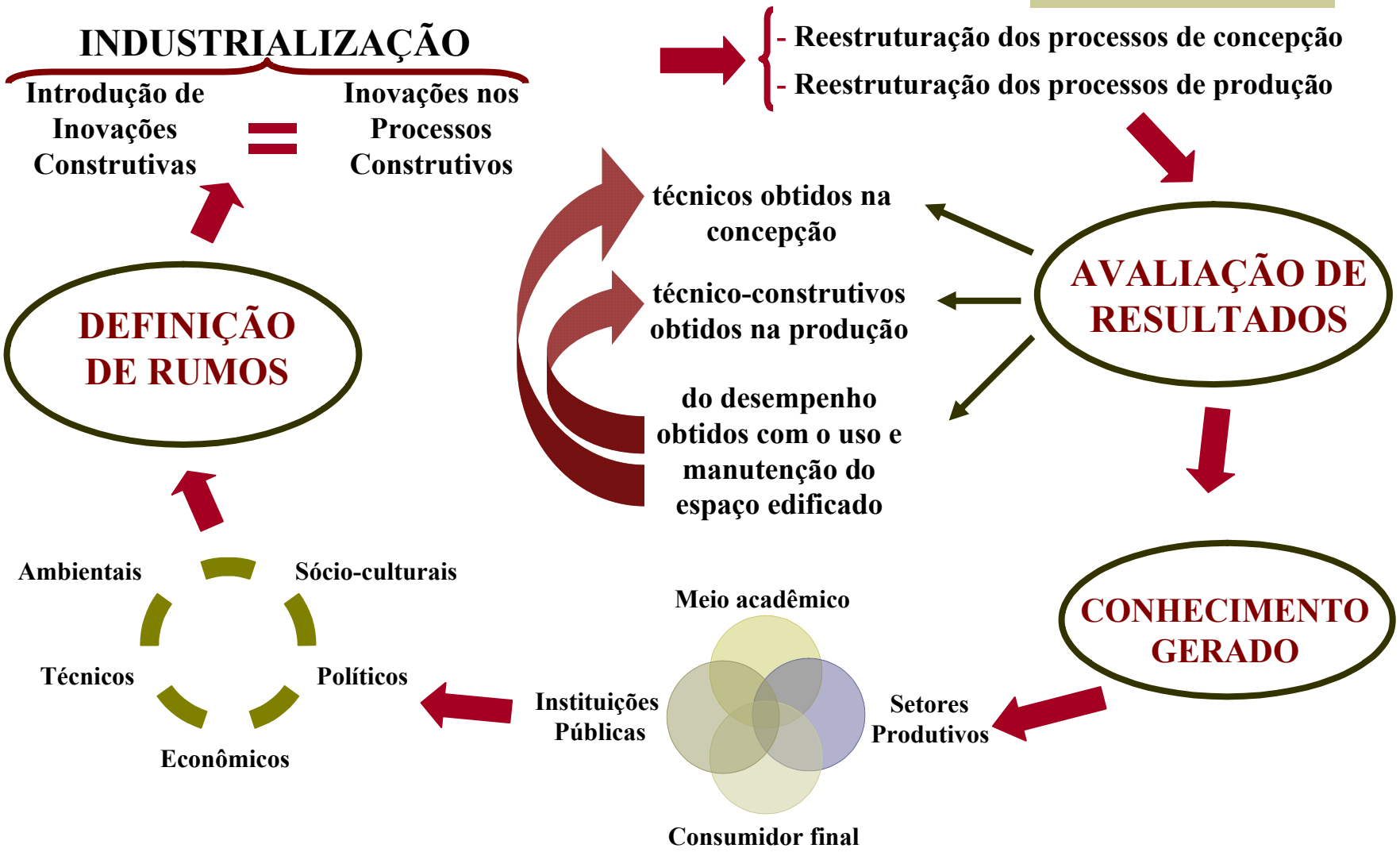
Meio social:

- promover educação do consumidor final
- desenvolver sua visão como co-responsável da evolução da construção civil

Meio produtor:

- promover reflexão sobre as práticas adotadas
- aprimorar os processos a serem aplicados em empreendimentos futuros

Considerações Finais



Considerações Finais

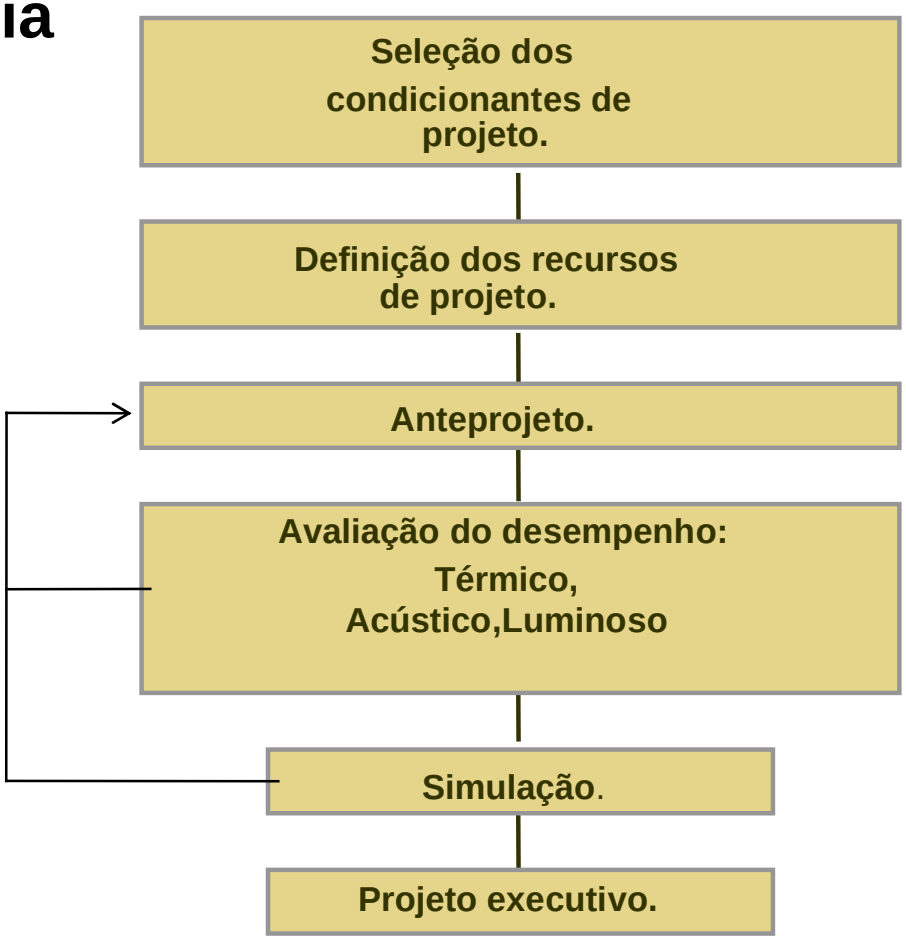
DESEMPENHO AMBIENTAL

- Adequação do projeto ao clima e ao uso;
- Aproveitamento de matérias primas existentes na região, preservando o equilíbrio ambiental:
  - Minimizar custos com transporte;
  - Reduzir consumo energético na transformação da matéria prima em produto;
  - Minimizar impacto ambiental;
  - Aproveitar a familiaridade da mão-de-obra local com os materiais existentes.

Considerações Finais

O uso racional da energia

Integração entre sistemas naturais e artificiais e a utilização de equipamentos mais eficientes.



Projetos em desenvolvimento

Linha de pesquisa: Arquitetura e Ambiente Construído

- **Avaliação do Desempenho Térmico de Edifícios Comerciais e Residenciais em *Light Steel Framing* considerando o Condicionamento Térmico Natural e Artificial:** Adriano Pinto Gomes (DOUTORADO).

- **Avaliação Integrada do Desempenho Térmico e Acústico de edificações estruturadas em aço:** Franciely de Barros Coelho (MESTRADO).

- **Estudo da ventilação natural num ambiente construído:** Luciano Souza Rodrigues; Juliano P. Bianco da Silva (MESTRADO)

- **Avaliação pós-ocupação e pós-uso de edificações estruturadas em aço:** Denise de Souza Cerqueira Nascimento (MESTRADO).

- **Percepção do ambiente térmico: Preferências subjetivas e conforto térmico:** Márcia Silva Fontanella (MESTRADO).

- **Diretrizes para um Sistema de Manutenção Predial em edifícios estruturados em aço:** Marilda Antonini Ribeiro Bastos (DOUTORADO).

- **Otimização da Construção Metálica a Partir dos Conceitos da Customização em Massa:** Cristiane Lopes Henriques (DOUTORADO)