

**Nº 176900**

**Futuro das edificações e eficiência energética**

**Maria Akutsu**

*Palestra on-line realizada no Portal AECweb; com apoio de Cozza Comunicação e IPT, 26/08/2020 e AECweb, 5p., dez., 2020*

A série “Comunicação Técnica” compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública.





Seu desafio é nosso

# Futuro das Edificações e Eficiência Energética

- ▣ Tendências

Sustentabilidade do Planeta

- ▣ Aspirações

Saúde e Bem Estar das Pessoas

# EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

- ▣ **Consumo de energia**
- ▣ **Construção**
- ▣ **Ocupação**
- ▣ **Sistemas Prediais:**
- ▣ **Condicionamento térmico do ar**
- ▣ **Iluminação**
- ▣ **Aquecimento de água**
- ▣ **Distribuição de água**
- ▣ **Controles/Automação**
- ▣ **Locomoção de pessoas**
- ▣ **Segurança**
- ▣ **.**
- ▣ **.**
- ▣ **.**

# Cenário Atual

- ▣ Globalização —————> Padrão Internacional
- ▣ Edifícios altos
- ▣ Elementos leves
- ▣ Fachadas envidraçadas
- ▣ Grande consumo de energia pelos sistemas prediais, destacando-se:
- ▣ **Sistemas de ar condicionado**

# Tendência Mundial



**Elementos leves**

**Fachadas envidraçadas**

**Baixa Inércia Térmica**

**Plantas que não favorecem  
iluminação natural**

**Aumento do consumo de energia por  
sistemas de ar condicionado e de  
iluminação**

**Menor isolamento sonora**

# Sistemas de Ar Condicionado

- ▣ Responsáveis por:
- ▣ Parcela significativa do consumo de energia numa edificação;
- ▣ Poluição ambiental;
- ▣ Insalubridade;
- ▣ Liberdade de projetos independente da condição climática.
- ▣

# Sistemas de Ar Condicionado

- ▣ **Evolução tecnológica:**
- ▣ Redução das emissões de gases de efeito estufa;
- ▣ Redução do consumo de energia;
- ▣ Salubridade - renovação do ar, sanitização de filtros, sistemas inteligentes de limpeza e manutenção;
- ▣ Conforto - distribuição homogênea do ar.

# Edificações

- ▣ Responsável pela demanda por cargas térmicas de condicionamento:
- ▣ Condições climáticas;
- ▣ Condições de ocupação;
- ▣ Projeto arquitetônico – sistemas construtivos, materiais e componentes.

# Edificações

- ▣ Leis, decretos;
- ▣ Códigos de obras;
- ▣ Códigos sanitários;
- ▣ Normas técnicas (NBR 15575);
- ▣ Selos de Eficiência Energética (PROCEL EDIFICA);
- ▣ Selos de Sustentabilidade ( AQUA, SELO CASA AZUL + CAIXA)

# Selos Internacionais

- ▣ LEED
- ▣ CASBEE -BEAT
- ▣ BREEAM
- ▣ HK BEAM
- ▣ BEPAC
- ▣ EcoEffect - EcoProfile
- ▣ Passive House
- ▣ WELL Certification
- ▣ ...

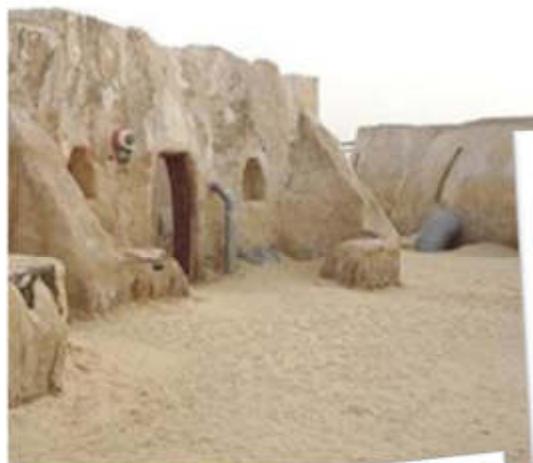
# Edificações

- ▣ Como reduzir a demanda por cargas térmicas de condicionamento dos ambientes?



Adequação  
ao  
Clima local

# Adequação Climática



# Burj Khalifa



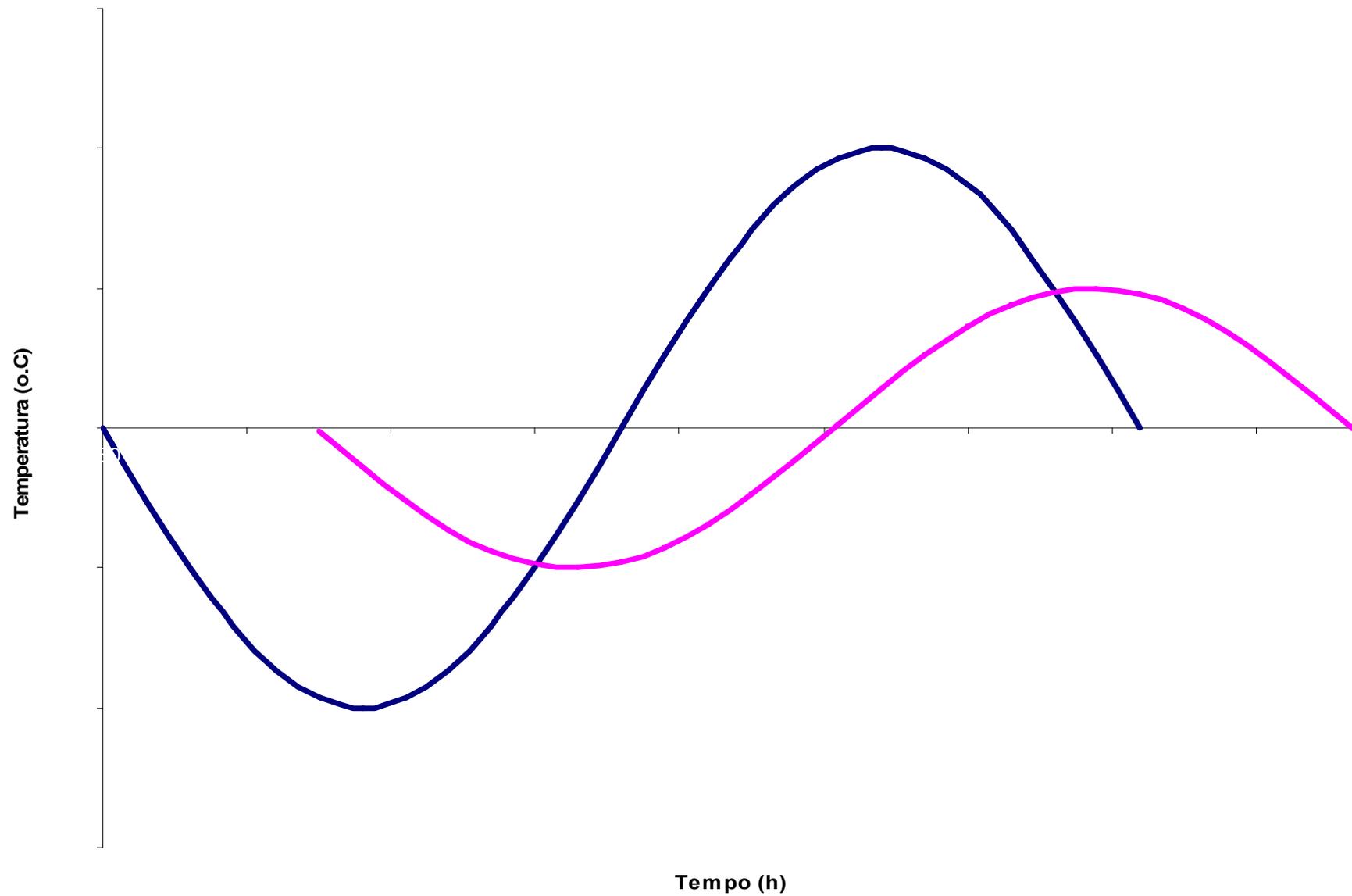
# Conceitos Básicos

- ▣ Isolação térmica (materiais e componentes)
- ▣ Capacidade térmica (materiais e componentes)
- ▣ Inércia Térmica (resposta térmica dos ambientes)

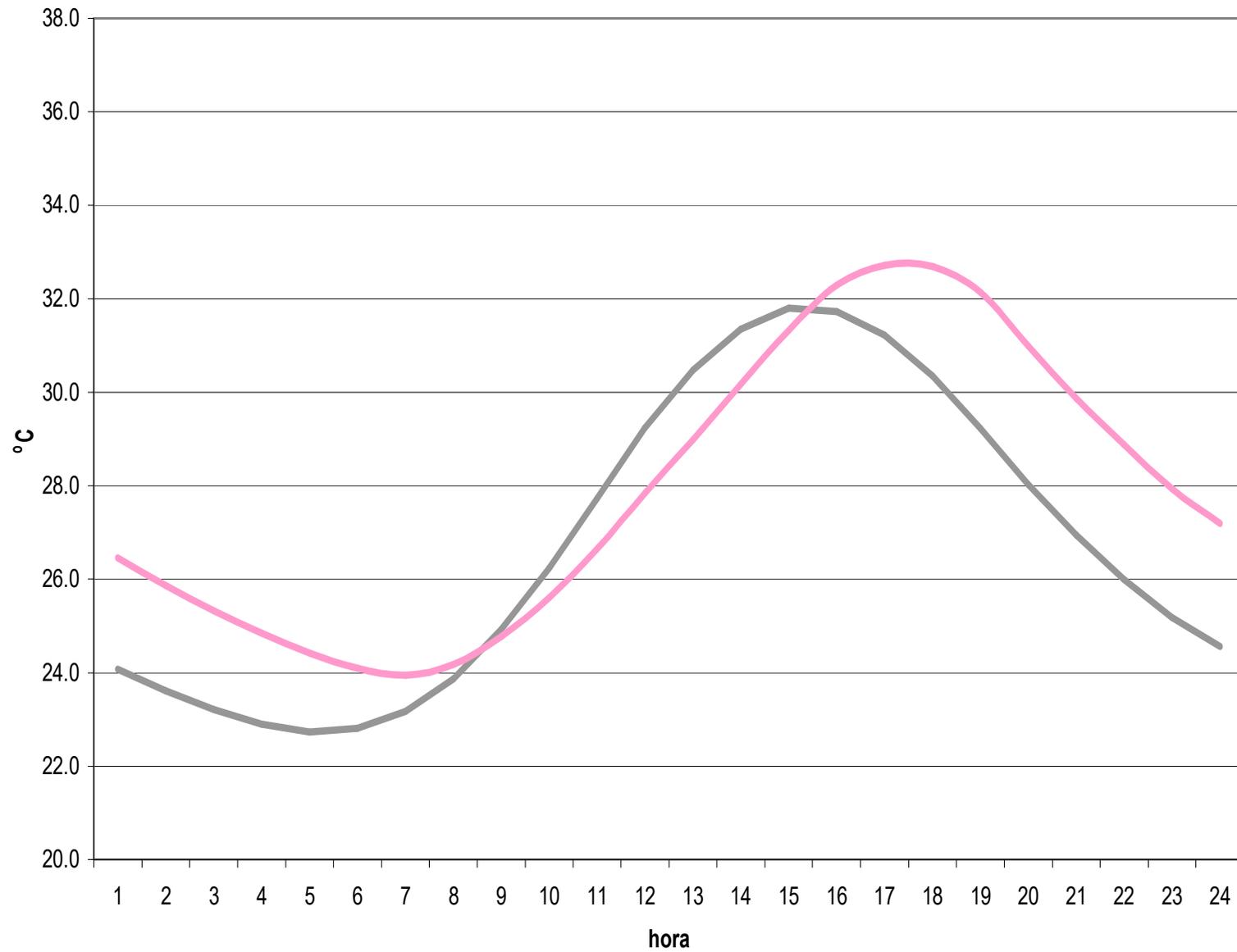
# Conceitos Básicos

- ▣ **Ambientes com condicionamento térmico:** isolamento térmica da envoltória, estanqueidade ao ar;
- ▣ **Ambientes sem condicionamento térmico:** Equilíbrio entre capacidade térmica e isolamento térmica dos componentes, ventilação dos ambientes e sombreamento das fachadas; inércia térmica dos ambientes.

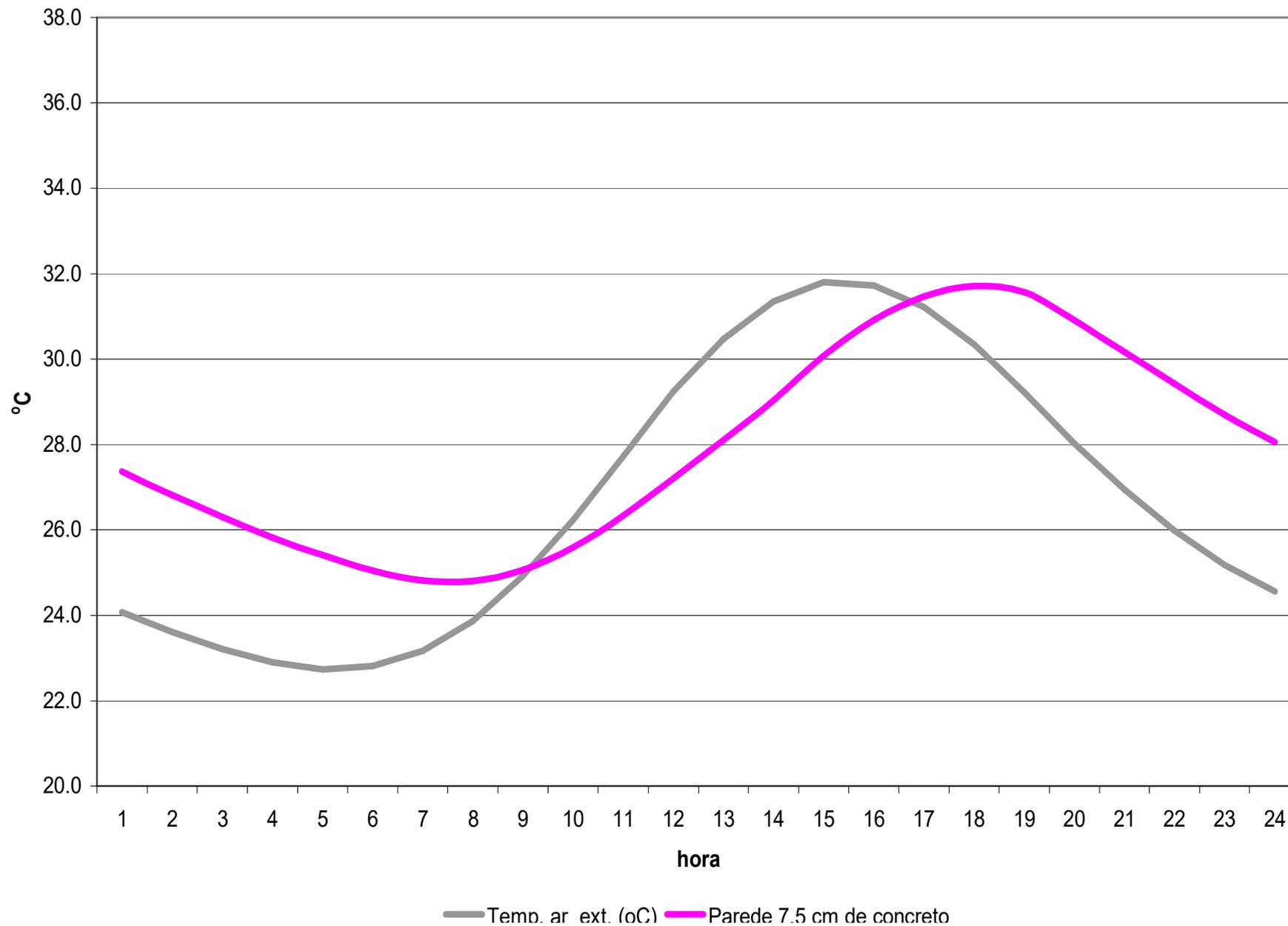
# Inércia Térmica



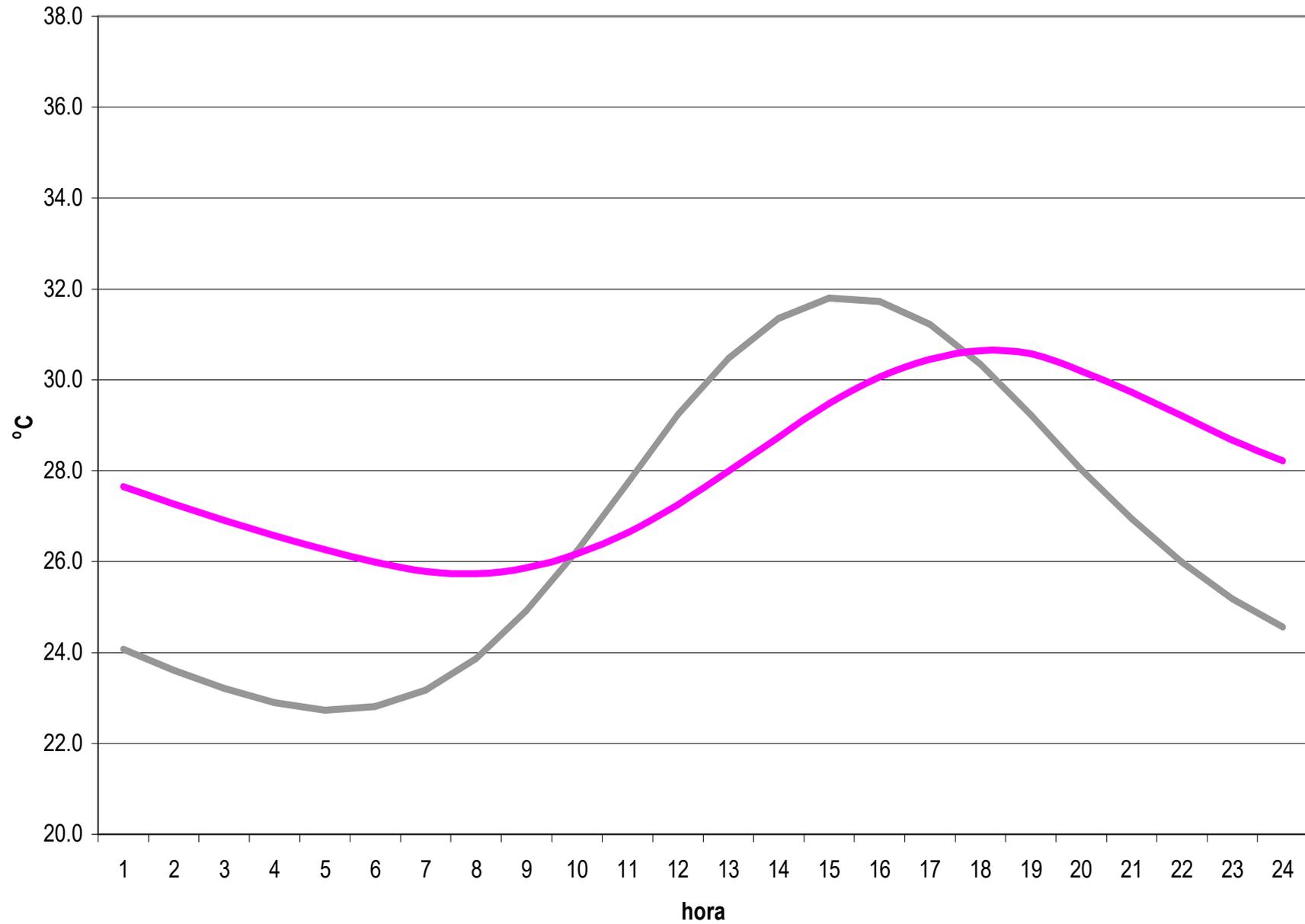
# Inércia térmica X Espessura da parede



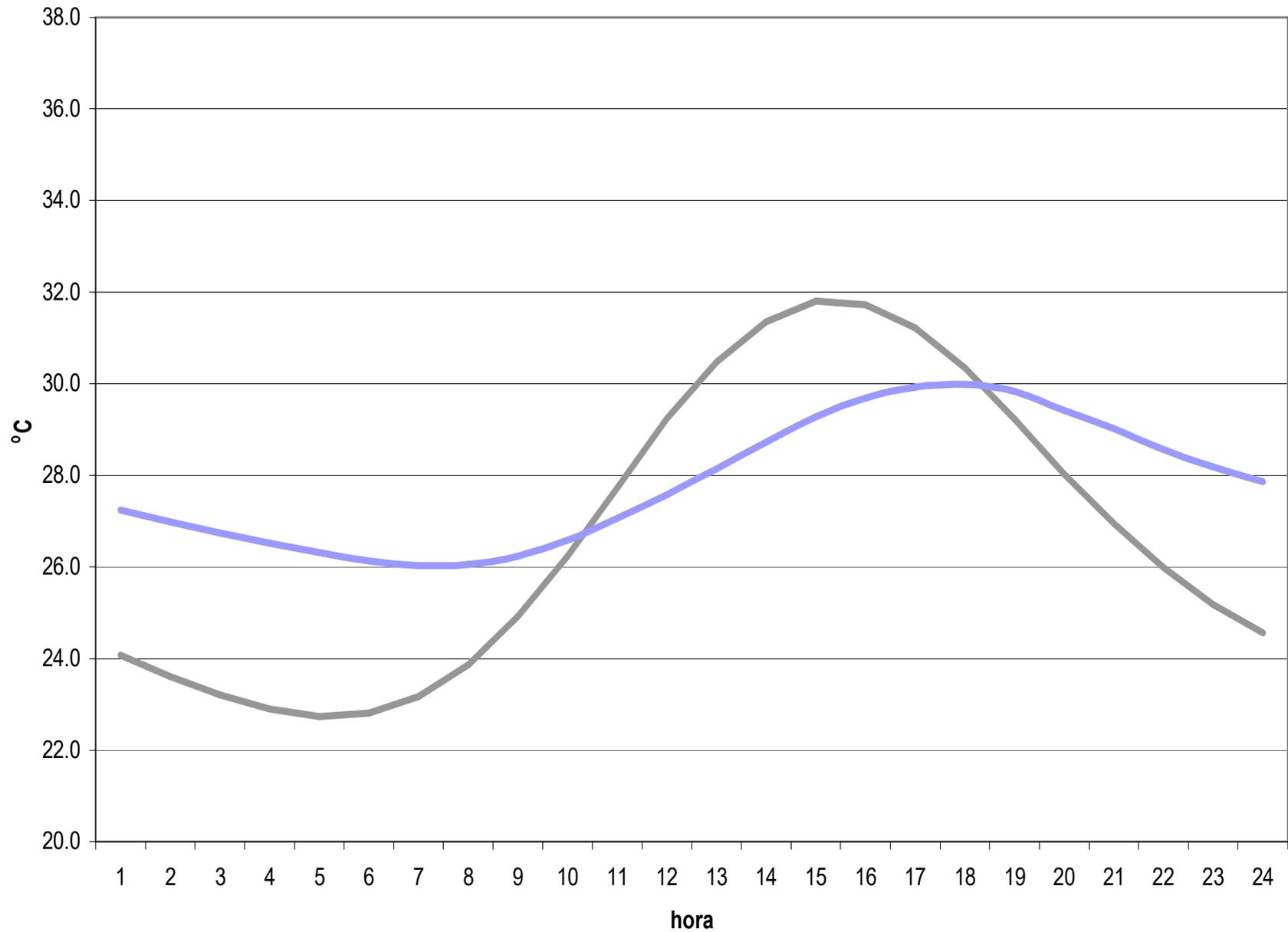
# Inércia térmica X Espessura da parede



# Inércia térmica X Espessura da parede



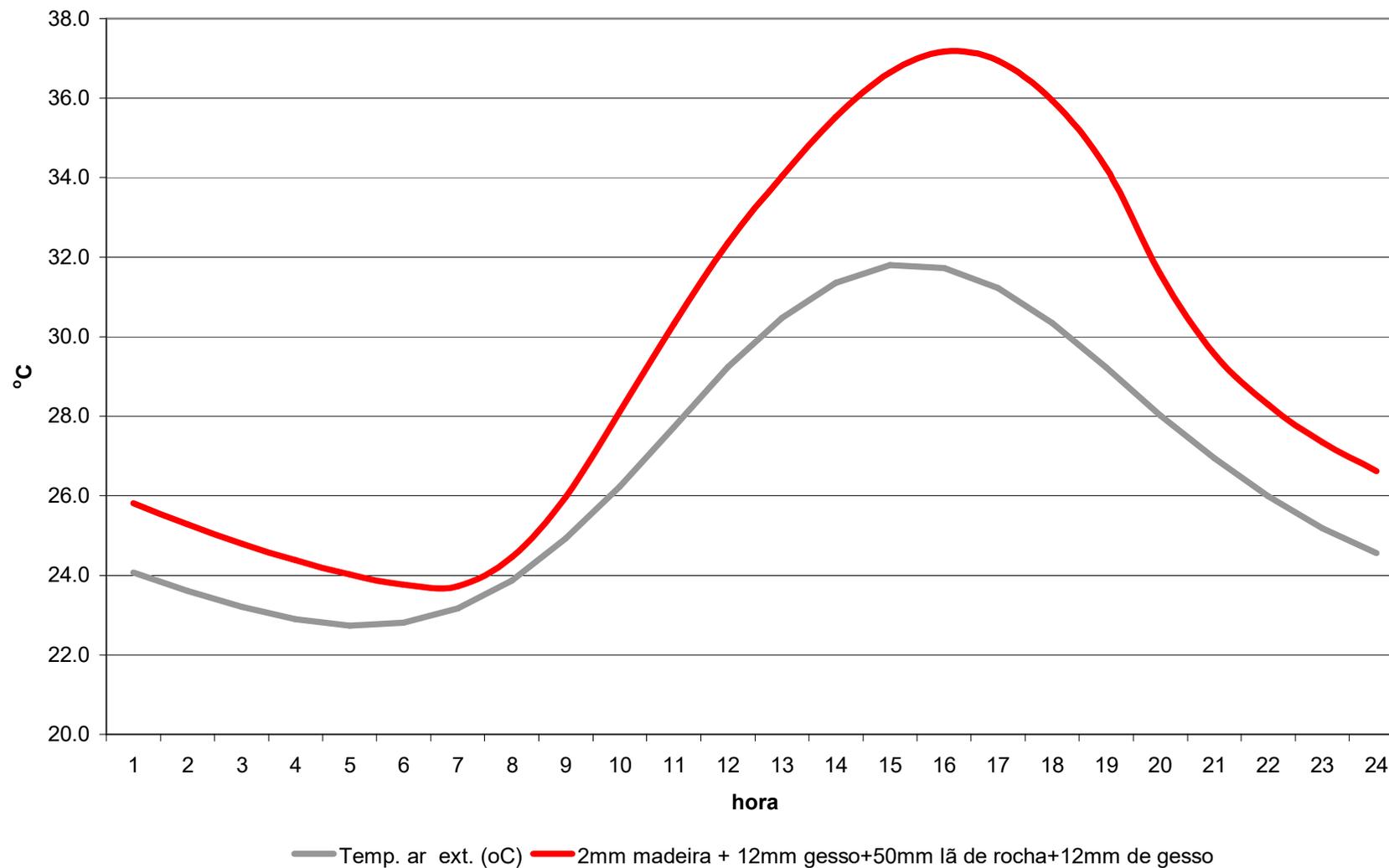
# Inércia térmica X Espessura da parede



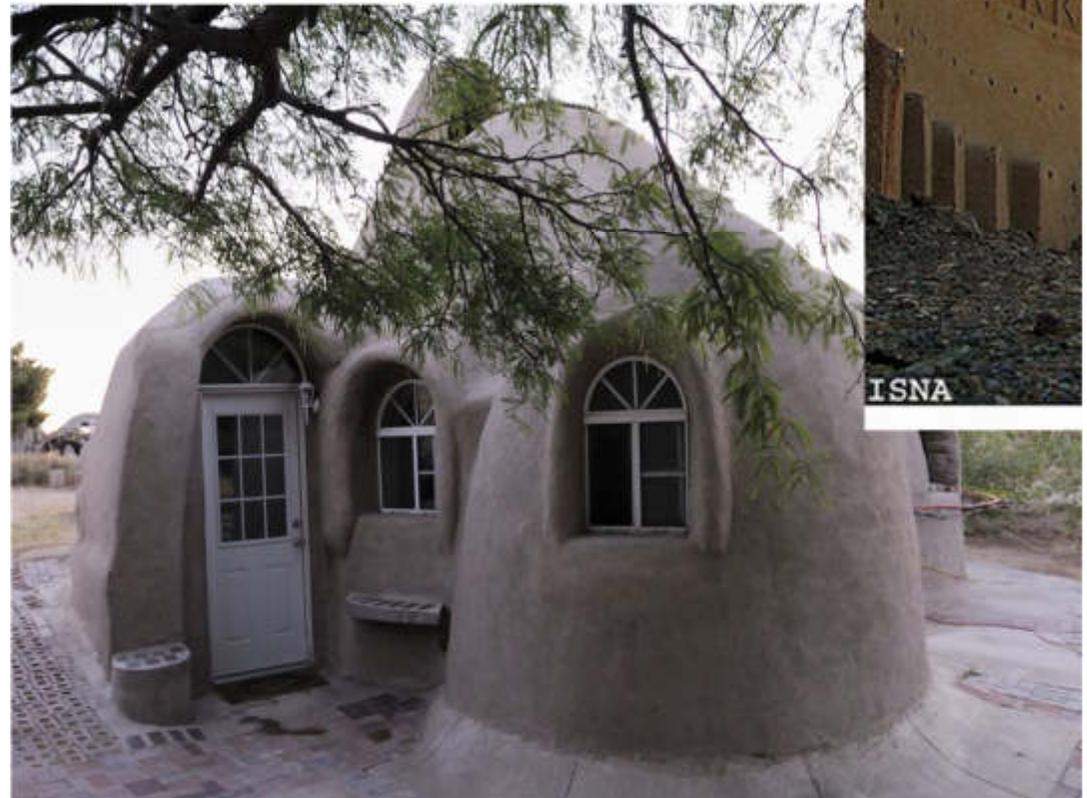
— Temperatura (°C) - 10 cm de espessura — Temperatura (°C) - 20 cm de espessura

# Baixa inércia térmica (alta isolamento térmica)

Local com alta amplitude térmica no verão



# Clima quente seco



# Clima quente úmido

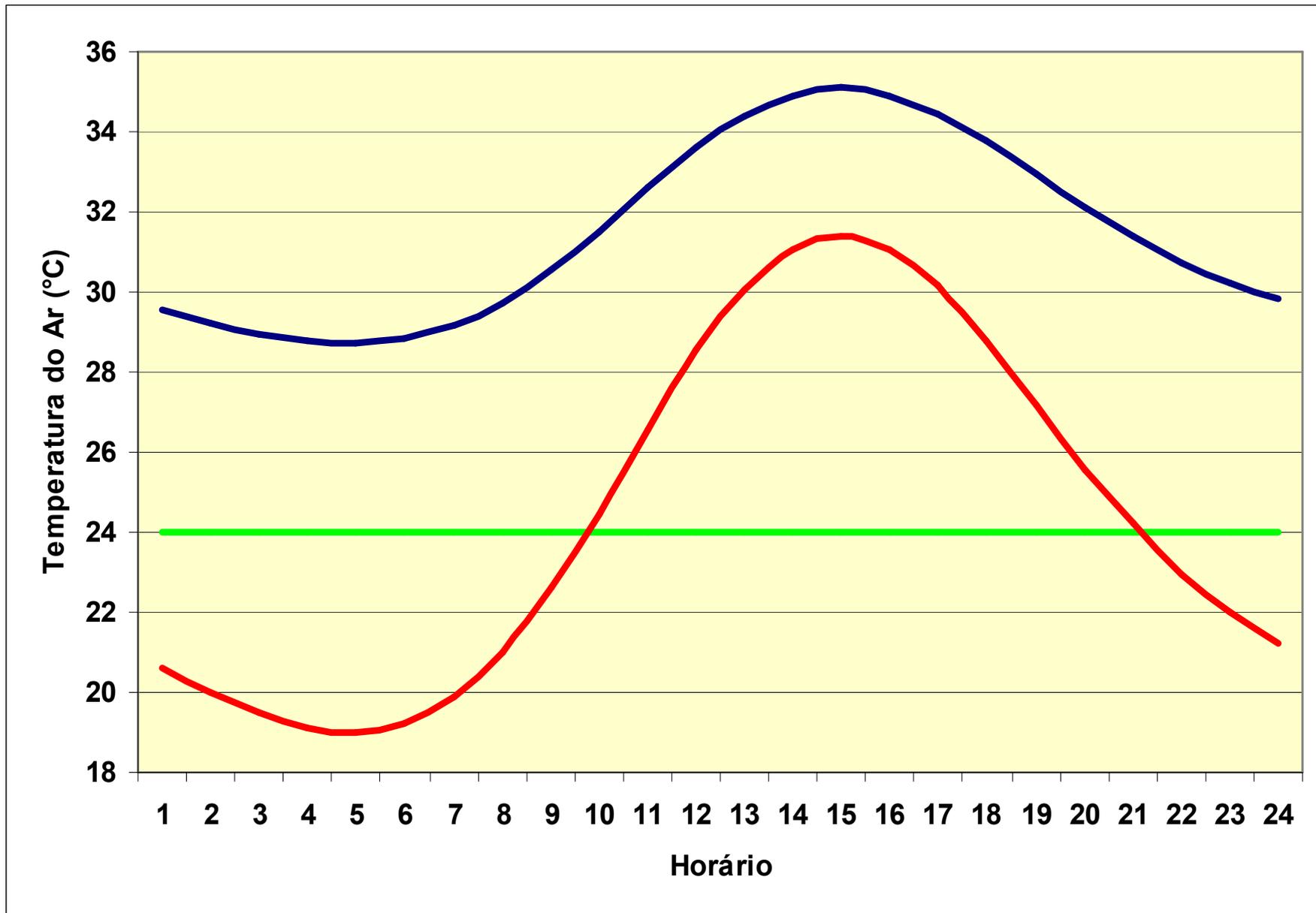


# Edificações no Brasil

- É possível conceber edificações sem o uso de sistemas de condicionamento térmico?



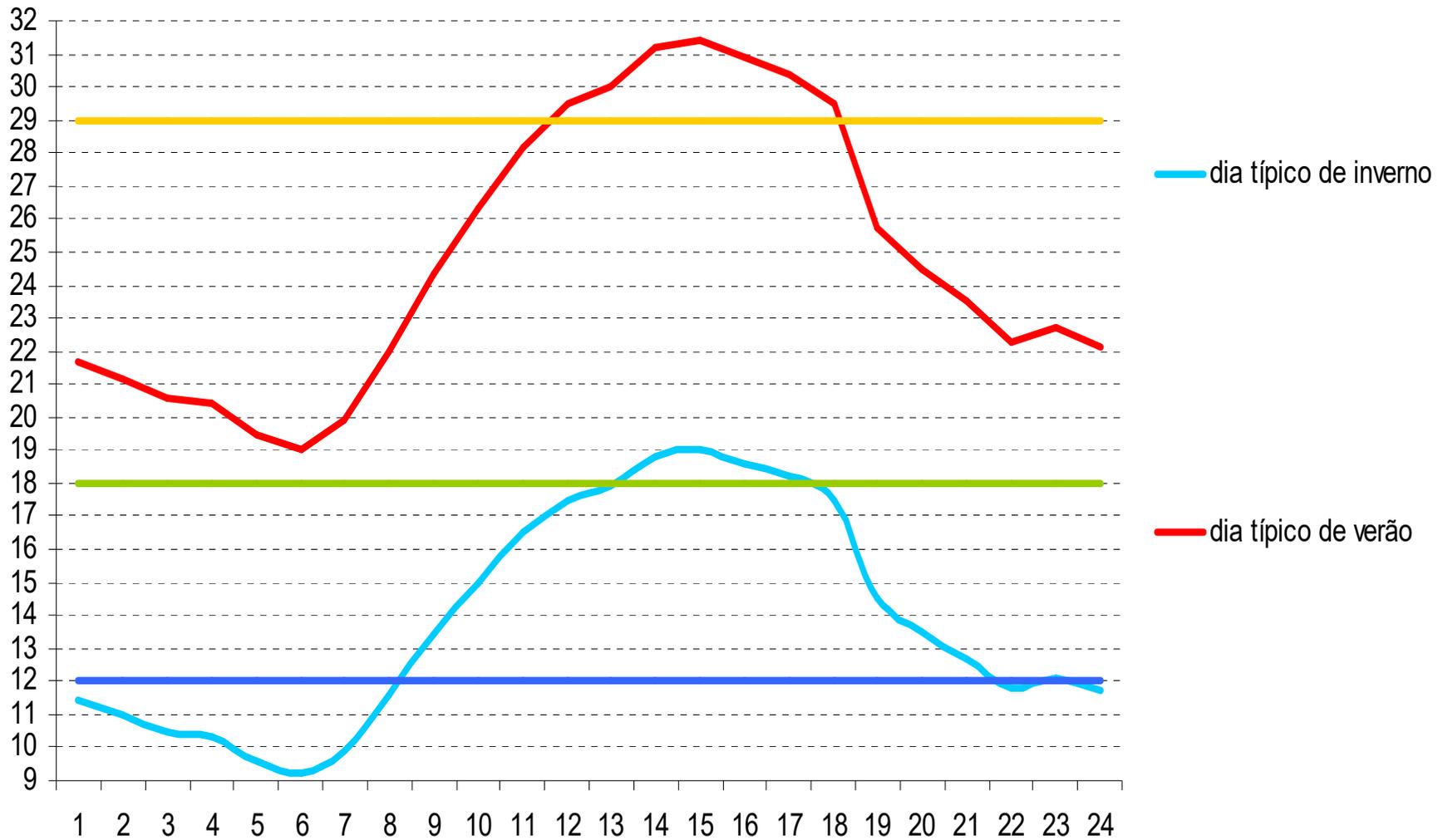
# Análise Climática



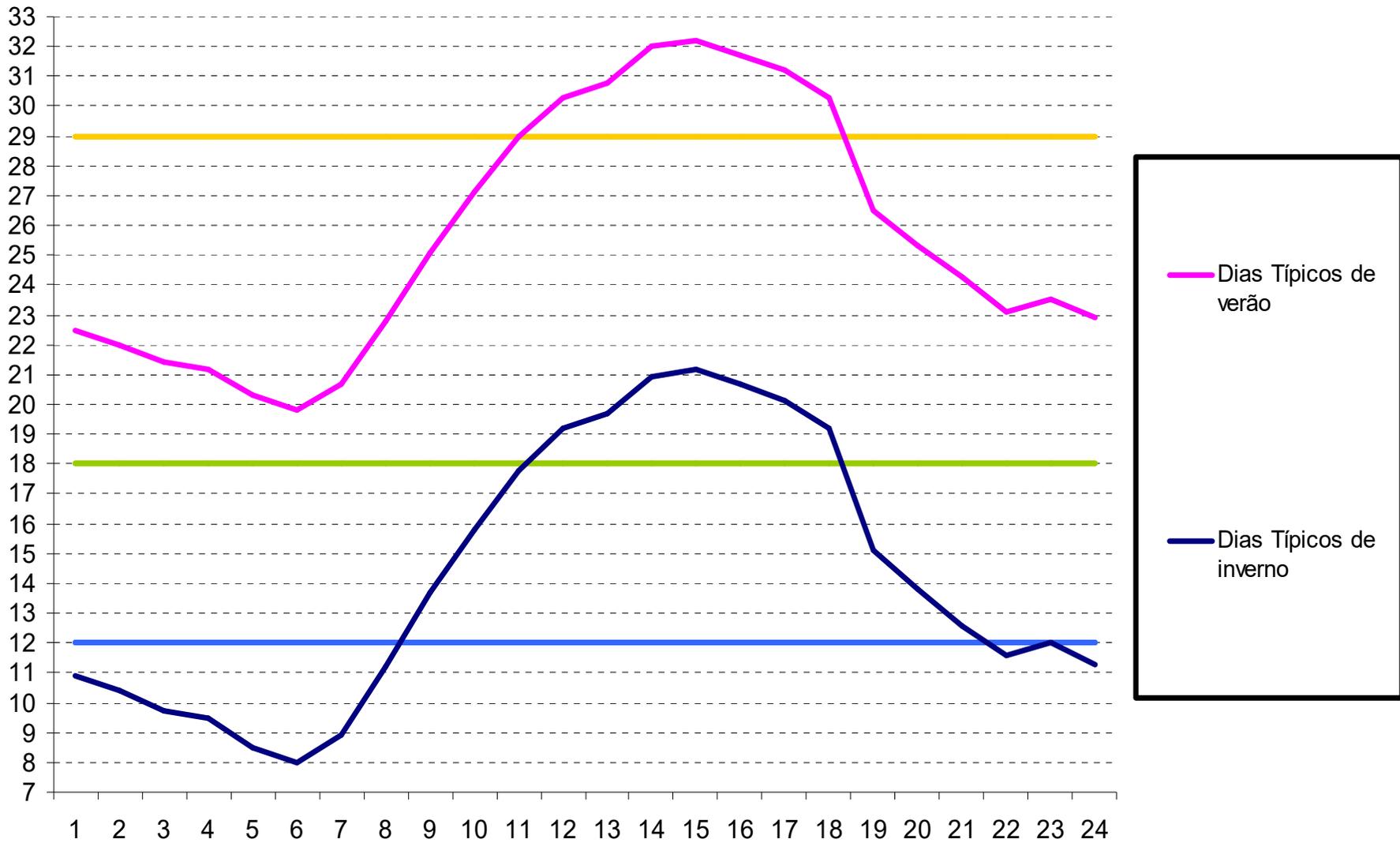
# Métodos de Análise

- ▣ Edifícios:
- ▣
- ▣ Com Sistemas de Condicionamento Térmico (cálculo de cargas térmicas)
- ▣ Sem Sistemas de Condicionamento Térmico (cálculo de temperaturas - resposta térmica dos ambientes)

# Frequência de ocorrência 10 %



# Frequência de ocorrência de 5%



# Pós Pandemia

- ▣ Ventilação natural
- ▣ Iluminação natural
- ▣ Conforto acústico
- ▣ Eficiência energética
- ▣ Sustentabilidade do Planeta

Banheiros sem janela  
Janelas seladas  
Condições do entorno-  
planejamento urbano

Isolação térmica  
Inércia térmica  
Isolação/absorção  
acústica

Sistemas  
passivos  
Qualidade dos  
sistemas de AC

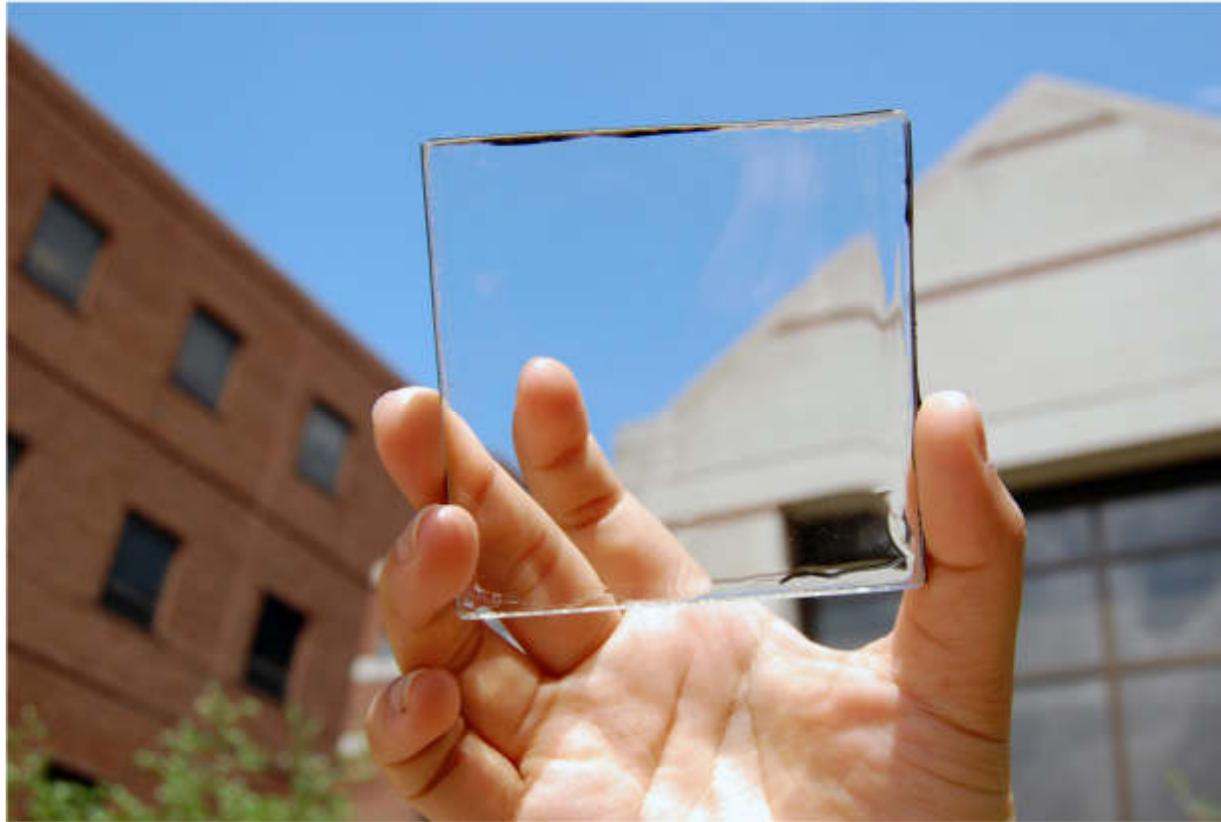
# Futuro

- ▣ **Projetos arquitetônicos que considerem:**
- ▣ Adequação ao clima local;
- ▣ Sistemas passivos - Uso moderado de sistemas de condicionamento térmico;
- ▣ Ambientes flexíveis – adequação a diferentes usos;
- ▣ Novos materiais e Sistemas “Inteligentes” de controle;
- ▣ Uso de energias renováveis;
- ▣ Impacto ambiental positivo.

# Novos Materiais e Componentes

- ▣ Materiais com mudança de fase – inércia térmica com elementos de pouca massa ou transparentes;
- ▣ Isolantes térmicos – componentes que integram superfícies de baixa emissividade;

# Novos Materiais Vidros



# **Vidros**

## **Evolução tecnológica**

- ▣ Eletrocrômicos
- ▣ Fotovoltaicos
- ▣ Mudança de fase

# Sistema passivo-aquecimento solar do ambiente



# Sistemas passivos integrados

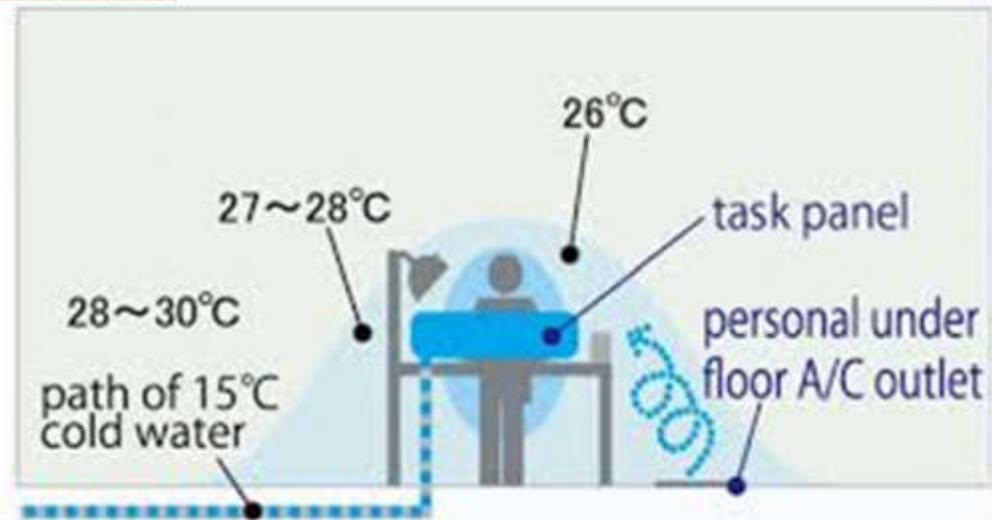


# Sistemas Passivos

## Ventilação / Iluminação natural



# Sistemas especiais



# Módulos flexíveis



# Casas móveis



# Casas flutuantes



# Curiosidades



# Considerações Finais

## ▣ **Necessidade de avanço:**

- Na conscientização (empreendedores, projetistas, legisladores; usuário final,);
- Normas técnicas (métodos de análise/critérios estabelecidos, eficácia na aplicação);
- Desenvolvimento tecnológico (melhoria da qualidade, redução de custos, preservação do meio ambiente);
- Erradicação das edificações precárias.

# Obrigada!

- ▣ Contato: Maria Akutsu
- ▣ Email: [akutsuma@ipt.br](mailto:akutsuma@ipt.br)
- ▣ Tel.: (11) 3767-4258
- ▣ Laboratório de Conforto Ambiental e Sustentabilidade dos Edifícios – Centro Tecnológico do Ambiente Construído - IPT



## Futuro das Edificações e Eficiência Energética

Maria Akutsu, Laboratório de Conforto Ambiental do IPT



**Coordenação técnica:** Adriana Camargo de Brito

**Comitê de revisão técnica:** Adriana Camargo de Brito, Cláudio Vicente Mitidieri Filho, José Maria de Camargo Barros, Luciana Oliveira e Maria Akutsu

**Apoio editorial:** Cozza Comunicação



(foto: stockwerk-fotodesign/shutterstock)

**17/12/2020 | 15:00** - Com o fenômeno da globalização, observa-se uma tendência mundial de construção de edifícios altos, com fachadas leves, a maior parte envidraçada, qualquer que seja a característica do clima local, tornando necessário o uso de sistemas de ar condicionado para se obter conforto térmico. Esses sistemas são responsáveis por grande parcela do consumo de energia da edificação (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2020), bem como por trazer problemas relacionados à saúde, quando a qualidade do ar for comprometida.

O que fazer para diminuir esse consumo de energia? O que fazer para tornar os ambientes mais saudáveis?

Neste momento em que convivemos com a atual pandemia pelo COVID 19, tem-se evidenciado a importância da renovação do ar e da ventilação natural dos ambientes. Isto nos leva a refletir sobre as possibilidades reais de se garantir a salubridade nos ambientes com sistemas de ar condicionado, bem como de se conseguir conforto térmico sem esses sistemas. Por um lado, são bem-vindos os avanços tecnológicos para aumentar a eficiência energética dos sistemas de condicionamento com ganhos também na qualidade do ar e na redução dos gases de efeito estufa que são emanados para a atmosfera. Por outro lado, é importante observar que o edifício é que define a demanda por cargas térmicas de condicionamento.

No Brasil, até o momento, predominam as condições climáticas onde o conforto térmico no interior dos ambientes deve ser equacionado para amenizar a sensação de calor, com incidência pouco significativa de condições com frio intenso. Além disso,

as mudanças climáticas apontam para um aumento das temperaturas médias em todo o globo terrestre nos próximos anos, se o cenário de ocupação humana continuar com o padrão atual (ONU, 2019).

Neste sentido, o território nacional conta ainda com parcela expressiva da sua extensão onde é possível projetar e construir edificações sem a necessidade de uso de sistemas de condicionamento térmico, principalmente para habitações, desde que se observem alguns preceitos de adequação da edificação ao uso e ao clima local (AKUTSU, 1998):

- Em climas muito frios, onde a calefação é necessária, é fundamental que se garanta uma boa isolamento térmica dos componentes da envoltória para que se tenha uma boa eficiência energética da edificação. Somado a isto, é exigida boa estanqueidade ao ar dos sistemas de caixilharia. E os chamados “sistemas passivos” buscam otimizar a exposição dos elementos transparentes no sentido de se maximizar os ganhos de energia solar;
- Em climas quentes, observam-se basicamente duas situações que distinguem o tipo de edificação mais adequada a cada caso: o clima quente úmido e o clima quente seco. No clima quente úmido, a amplitude de variação diária da temperatura do ar é bem menor do que no clima quente seco. Nesses dois tipos de clima, são mais adequadas edificações com inércia térmica distinta, ou seja, baixa inércia térmica para o clima quente úmido e alta inércia térmica para o clima quente seco;
- Em todos os casos, é necessário avaliar os níveis de temperatura ao longo de ciclos diários e anuais que, se supõe, repetem-se com certa regularidade. Esses níveis de temperatura permitem ao projetista prever a necessidade, ou não, do uso de sistemas de ar condicionado, tendo em vista a exigência dos usuários da edificação quanto aos limites de temperatura desejados, geralmente expresso como dentro de uma “zona de conforto térmico” (ASHRAE, 2017). Dependendo da relação entre as variações de temperatura do clima local e as exigências quanto à “zona de conforto térmico” dos usuários, observa-se a possibilidade de se prescindir do uso de sistemas de condicionamento térmico pela escolha adequada da inércia térmica da edificação;
- Mesmo que se decida por incorporar sistemas de condicionamento térmico, deve-se observar se o mesmo deverá ser permanentemente acionado, ou se é possível prescindir do seu uso pelo maior intervalo de tempo possível; também neste caso, a inércia térmica adequada da edificação poderá garantir maiores intervalos de tempo sem o acionamento dos sistemas de condicionamento, como também as melhores condições de conforto térmico (BRITO, 2015).

Qualquer que seja a condição climática, para ambientes permanentemente condicionados, quanto maior a isolamento térmica e a estanqueidade ao ar dos componentes da envoltória, maior a eficiência energética da edificação; entretanto, uma edificação que apresente alta eficiência energética nestas condições, pode proporcionar condições de conforto térmico altamente insatisfatórias quando os sistemas de condicionamento térmico estiverem desativados.

A inércia térmica de um ambiente de edificação pode ser caracterizada pela relação entre a variação da temperatura do ar exterior e do ar interior ao longo de um dia: quanto menor a variação da temperatura do ar interior em relação à variação da temperatura do ar exterior, maior é a inércia térmica do ambiente.

De modo geral, a inércia térmica será maior quanto maior for a capacidade térmica dos componentes da envoltória do ambiente, que corresponde ao calor específico do material multiplicado pela sua massa. Como a maior parte dos materiais de construção tem calor específico da mesma ordem de grandeza, diz-se que paredes mais espessas proporcionam maior inércia térmica ao ambiente. É por isso que edificações típicas de regiões com clima desértico apresentam paredes espessas, aberturas reduzidas, sendo algumas semienterradas, beneficiando-se da inércia térmica do solo.

Contudo, cabe observar que é possível aumentar a inércia térmica de um ambiente acrescentando isolamento térmica nos seus componentes, desde que não se prejudique a ação da capacidade térmica efetiva do mesmo. Neste caso, o posicionamento do material isolante térmico tem importância fundamental, e deve ser analisado caso a caso (BRITO, 2015; OROSA E OLIVEIRA, 2012; DI PERNA ET AL., 2011; ROSSI E ROCCO, 2011). Além disso, a inércia térmica de um ambiente pode sofrer a influência do sombreamento das aberturas e da ventilação.

Nas regiões com clima quente úmido, ao contrário, observam-se edificações com baixa inércia térmica. Neste caso, de modo geral, além de elementos leves, devem ser garantidos o sombreamento das aberturas ou mesmo das paredes, caso a isolamento térmica seja baixa, e a ventilação dos ambientes. Em locais onde se faz necessário o uso de sistemas de ar condicionado, a isolamento térmica ocupa papel de destaque, sem a preocupação com o posicionamento do isolante térmico que estará associado a elementos de baixa inércia térmica.

Assim, o equacionamento correto entre as propriedades de isolamento térmica e de capacidade térmica dos componentes, somado a um projeto que considere as melhores estratégias de exposição e de sombreamento das aberturas, de ventilação dos ambientes e de uso dos recursos de condicionamento térmico dos ambientes conforme as condições climáticas do local, é que vai garantir as melhores condições de conforto e bem estar dos ocupantes, com maior eficiência energética das edificações.

Espera-se que, em um futuro próximo, as pesquisas em andamento para o desenvolvimento de novos materiais e sistemas para a construção civil cheguem a soluções viáveis, com redução de custos e de danos ao meio ambiente, seja na fase de produção como no período de uso, sem esquecer o destino a ser dado após a sua vida útil.

Seguindo a tendência atual de redução de massa das edificações, para se conseguir maior inércia térmica com pouca massa, serão adequados os materiais de mudança de fase e os sistemas que integram componentes com superfícies de baixa emissividade para se conseguir maior isolamento térmico dos componentes. Destaca-se também a evolução dos vidros eletrocromáticos e com propriedades fotovoltaicas e de mudança de fase, bem como de sistemas de ar condicionado com alta eficiência energética e baixa poluição ambiental, incluindo a poluição sonora.

Para que isso se concretize, espera-se sobretudo uma maior conscientização por parte dos empreendedores, dos projetistas, dos pesquisadores, dos legisladores e do usuário final das edificações quanto às possibilidades de se usufruir de um bom conforto térmico e bem estar nos ambientes construídos em harmonia com o meio ambiente. Assim como os legisladores podem criar condições favoráveis à pesquisa, desenvolvimento e produção de materiais e produtos inovadores dentro deste contexto, os usuários finais conscientes também podem influir no mercado, impulsionando práticas de construção de edifícios cada vez melhores e mais saudáveis para todos, tanto no nível individual como no planetário.

Em termos de normalização neste setor, destacam-se a norma brasileira de desempenho, NBR 15755 (ABNT, 2013), cuja a parte referente ao desempenho térmico das edificações está em fase de revisão, e o Selo Casa Azul (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2020), que trata das questões de sustentabilidade.

## IPT Quiz

Marque a resposta correta

...

1. Por que edificações típicas de regiões com clima desértico costumam apresentar paredes espessas e aberturas reduzidas?

Porque os referenciais técnicos dos projetistas e constutores não foram desenvolvidos considerando características culturais, as normas técnicas e a legislação ambiental da região.

De modo geral, a inércia térmica será maior quanto maior for a capacidade térmica dos componentes da envoltória do ambiente, que corresponde ao calor específico do material multiplicado pela sua massa. Como a maior parte dos materiais de construção tem calor específico da mesma ordem de grandeza, diz-se que paredes mais espessas proporcionam

### Referências

AKUTSU, M. **Método para avaliação do desempenho térmico de edificações no Brasil**. 1998.

150 p. Tese (doutorado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **Standard 55: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. Atlanta, 2013b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Edifícios Habitacionais – Desempenho**. Rio de Janeiro, 2013.

BRITO, Adriana Camargo de. **Contribuição da inércia térmica na eficiência energética de edifícios de escritórios na cidade de São Paulo**. 2015. 241p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de

Engenharia Mecânica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, **Selo Casa Azul** (2020).

DI PERNA, C.; STAZI, F.; CASALENA, A. U.; D'ORAZIO, M. Influence of the internal thermal inertia of the building envelope on summertime comfort in buildings with high internal loads. **Energy and Buildings Journal**. 43, 200-206, 2011.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Ações para promoção da eficiência energética nas edificações brasileiras: no caminho da transição energética**. Nota técnica EPE/ DEA / SEE / 07 / 20202- Agosto de 2020. Brasil.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Cientistas alertam que mudanças climáticas estão acontecendo 'antes e pior' do que o previsto**. Notícia – Março de 2019.

OROSA, J. A.; OLIVEIRA, A. C. A field study on building inertia and its effects on indoor thermal environment. **Journal of Renewable Energy**. 37, 2012. 89-96.

ROSSI, M.; ROCCO. V. M. Massive and Lightweight Building Envelope Design for a High Level Summertime Performance. **Journal of Science; Technology**, 200-207, 2011.

---

## COLABORAÇÃO TÉCNICA

**Maria Akutsu** – é formada em Física pelo IFUSP, tem Mestrado pela EPUSP e Doutorado pela FAUUSP. Atua na área de Conforto Ambiental desde 1975 no IPT, desenvolvendo trabalhos de pesquisa e desenvolvimento, bem como de prestação de serviços tecnológicos e como docente no curso de Mestrado Profissional. Foi docente também em várias instituições de ensino e é colaboradora no desenvolvimento de Normas Técnicas na área de Desempenho das Edificações e na avaliação de Projetos de Pesquisa junto aos diversos órgãos de fomento do país.



---

# AECweb

## Anuncie

[Blog](#)

[Boletins e Informativos](#)

[Cadastre-se](#)

[Entenda o Portal](#)

[Quem somos](#)

[Mapa do Site](#)

## Redes Sociais



Facebook



Youtube



Linkedin



Instagram

## Boletins e Informativos

---

Inscreva-se e receba gratuitamente

***Digite seu email...***



---

Projetos e Obras



---

Marketplace



---

Inteligência de Mercado



---

Operação e Manutenção



© 1999 - 2021 e-Consturmarket Todos os direitos reservados | Política de Privacidade