

# **Painel Setorial – Isolamento para a Linha Branca – refrigeradores e fogões**

**INMETRO – XERÉM  
22/AGO/2012**

---

# SUMÁRIO

- 1. Sistemas de Isolamento Refrigeradores**
- 2. Sistemas de Isolamento Fogões**

# 1. Sistemas de Isolamento Refrigeradores

## INTRODUÇÃO



- o isolamento térmico nos refrigeradores e freezers tem a função evitar/minimizar as trocas térmicas entre o interior e o exterior dos produtos, com o objetivo de manter as baixas temperaturas internas necessárias para preservação dos alimentos;
- Atualmente, o isolamento térmico largamente utilizado na indústria de refrigeradores domésticos é o poliuretano (PU). No passado, a lã de vidro teve larga aplicação;
- o PU também tem uma função secundária, porém não menos importante, que é a de prover estrutura mecânica e rigidez ao produto, com relevante contribuição estrutural e estética;

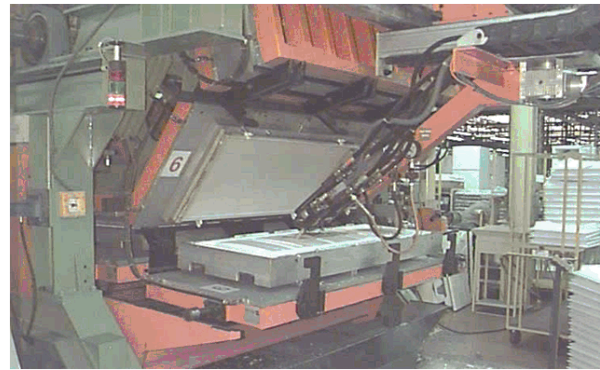
*Isolamento térmico cumpre relevante papel tanto na performance energética quanto na função estrutural dos produtos.*

# O QUE É O POLIURETANO?

POLYOL + ADITIVOS  
 $R' - O - H$

AGENTE DE EXPANSÃO  
CFCs (R11), HCFCs (R141b), HCs (cicloisopentano)

ISOCIANATO (MDI)  
 $R - N = C = O$

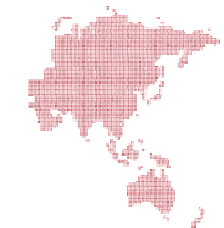
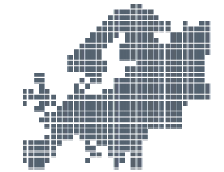


**Processabilidade:**  
Velocidade de reação (tempo de gel e de creme), tempo de desmoldagem, etc.

**Funções chave:**  
Isolamento  
Estrutura

*A formulação da espuma de PU deve ter balanceamento tal que permita atingir os requisitos de processo e de produto ao mesmo tempo. Interdependência dos parâmetros, um impacta o outro.*

## CENÁRIO GLOBAL ENERGIA X MEIO AMBIENTE – REFRIGERAÇÃO



- Metas de consumo de energia cada vez mais desafiadoras, em contraste com requisitos ambientais e regulamentações crescentes em relação as espumas de poliuretano, mais especificamente em relação aos agentes de expansão comumente utilizados;
- Período de maiores alterações durante os últimos 20 anos, com impactos econômicos significativos para os negócios (Protocolos de Montreal e Kyoto, regulamentações locais, classificação energética);
- Cenário é global e, com algumas diferenças e particularidades, vem ocorrendo na grande maioria dos países e regiões do mundo (EUA, Europa, Índia, Austrália, China, América Latina, México, etc.);

*Decisões sobre isolamento térmico fortemente impactadas pelo cenário de metas de energia e de regulamentações.*

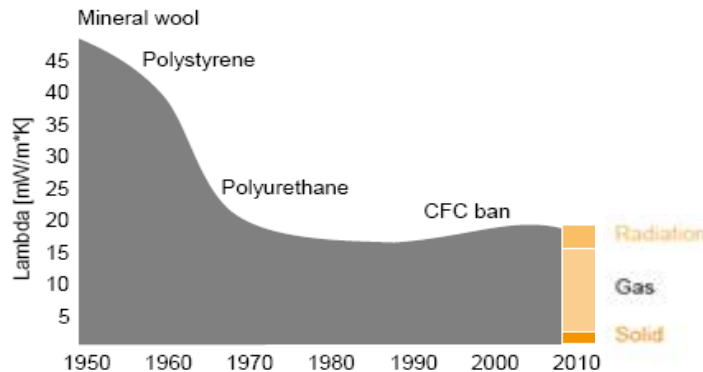
# HISTÓRICO DO DESENVOLVIMENTO DO ISOLAMENTO TÉRMICO / DESEMPENHO DA ESPUMA

$$\lambda_{total} [mW/mK] : \lambda_{solid} + \lambda_{gas} + \lambda_{radiation} + \lambda_{convection}$$

(Foam Thermal Conductivity)

Contribution	Cell Matrix	Blowing Agent	Cell Size	Negligible
Range [mW/mK]	2-5	8-26	1-4	-

Fonte: Basf



Fonte: BASF

Comparativo fator K entre diferentes tipos de espuma PU				
Tipo espuma	CFC	HCFC	HFC	HC
	R-11	141b	245fa	C-pentano
Fator K (*)	Ref	+ 6 / 8%	+ 9 / 12%	+ 13 / 17%

(\*) Valores típicos

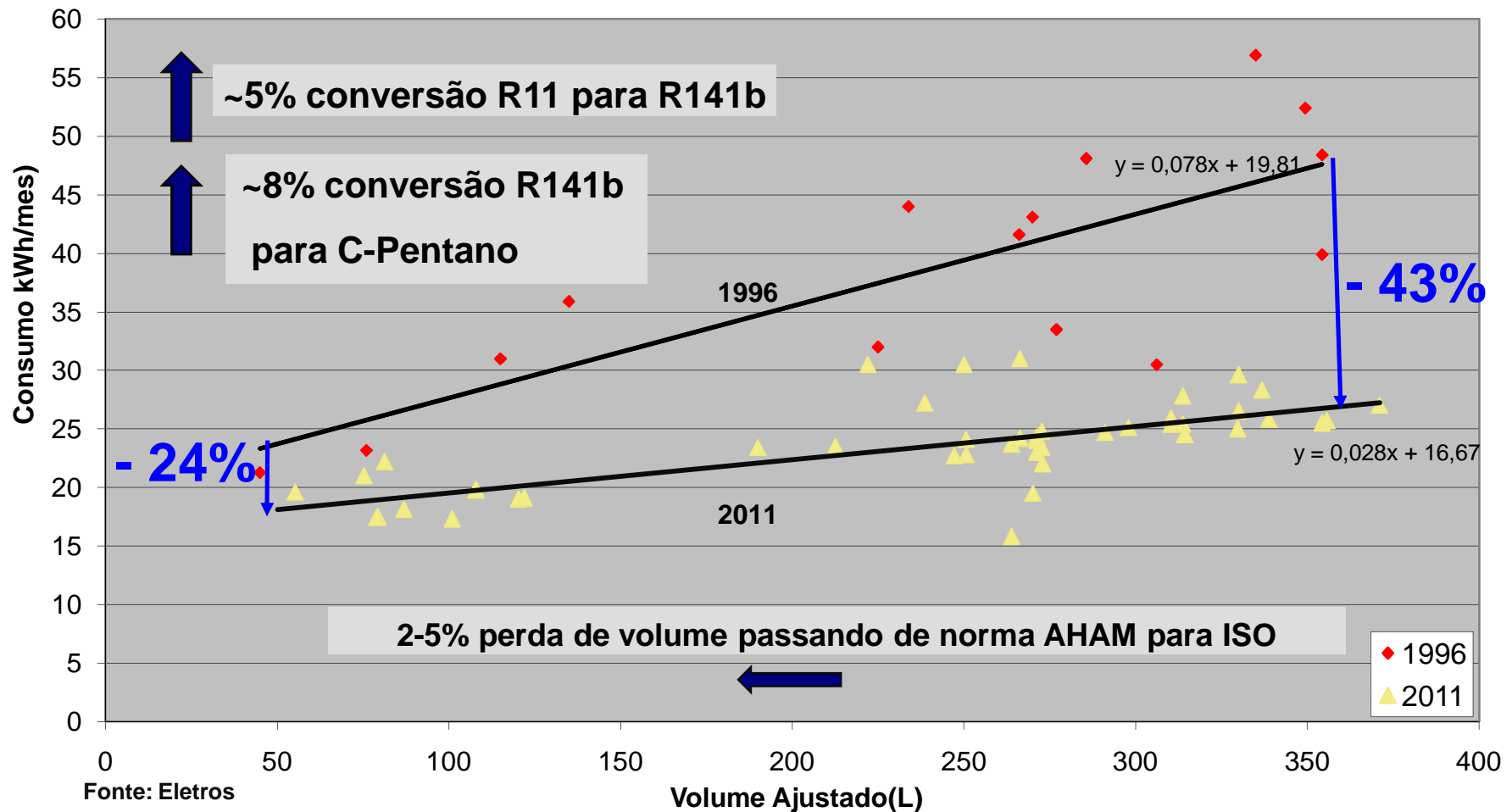
- ✓ regulamentações ambientais vêm restringindo o uso de agentes de expansão mais eficientes;
- ✓ com o agente de expansão definido, reduz-se significativamente oportunidades para melhorias de performance de isolamento;
- ✓ melhorias incrementais importantes vêm sendo desenvolvidas junto aos fornecedores para as famílias de poliuretano utilizadas pela indústria de refrigeradores domésticos;

ODP = Ozone Depletion Potential

GWP = Global Warming Potential

# EVOLUÇÃO HISTÓRICA NO BRASIL

## REFRIGERADOR 1 PORTA



*Melhoria de performance obtida através otimização dos trocadores de calor, melhoria no fluxo de ar, eficiência de compressores, etc.*



# MATERIAIS DE ISOLAMENTO TÉRMICO TÍPICOS UTILIZADOS NA INDÚSTRIA DE ELETRODOMÉSTICOS

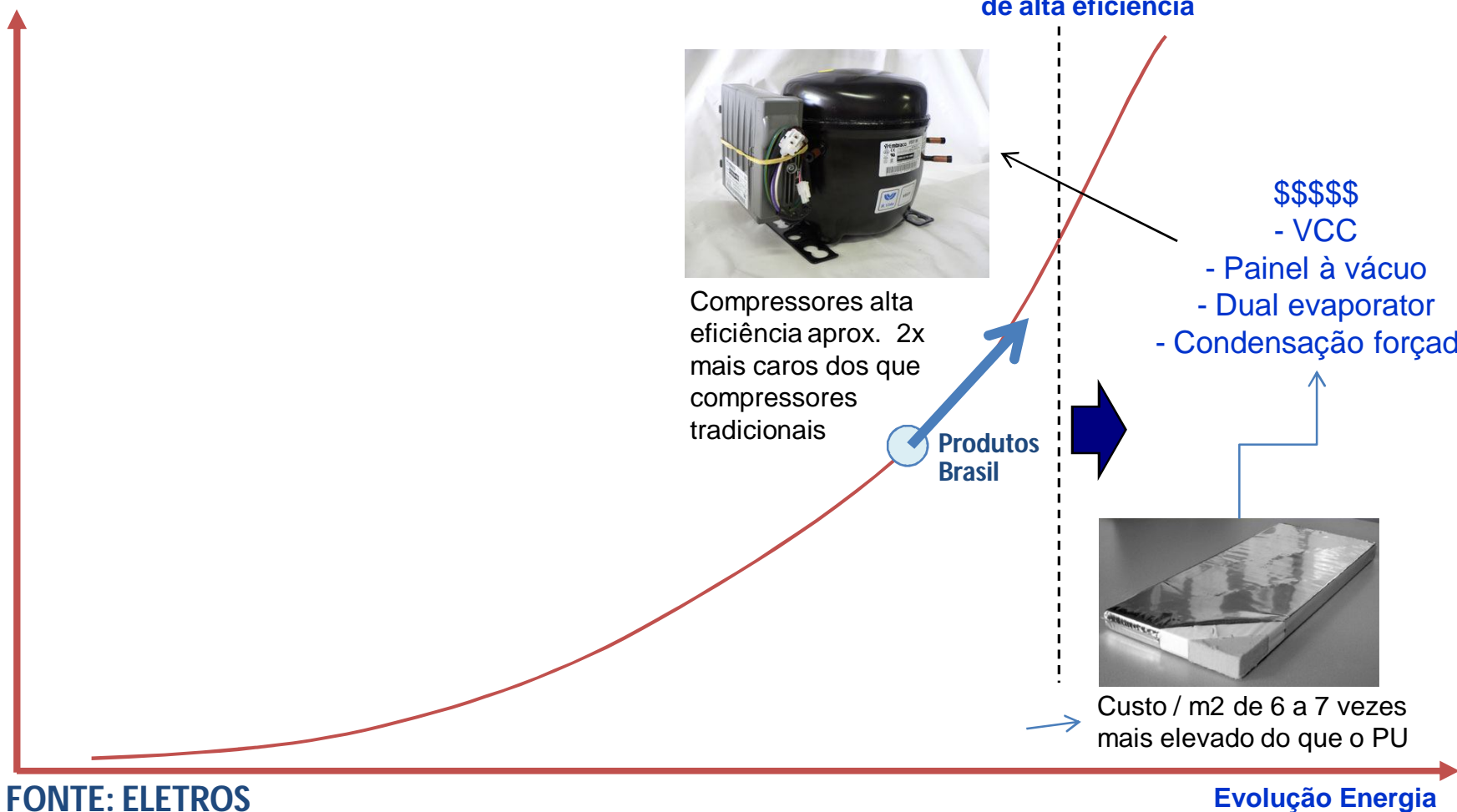
## Comparação entre materiais de isolamento

Conductividade térmica	Material	Pros	Cons
<b>0.003</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Painel Isolamento à Vácuo (VIP)</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Melhor perform. de isolamento;</li> <li>▪ Parede fina;</li> <li>▪ Versatilidade.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ maior custo;</li> <li>▪ perdas laterais;</li> </ul>
0.010	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Espuma com Sílica - Aerogel</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ aplicabilidade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ custo elevado;</li> <li>▪ estrutura;</li> </ul>
<b>0.020</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Orgânicos - espuma de PU - EPS</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ bom isolamento comparado com inorgânico;</li> <li>▪ Tipo prancha.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ limite de isolamento;</li> <li>▪ deformação.</li> </ul>
0.040	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Inorgânico - Lã de vidro; - Lã de rocha;</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ baixo custo;</li> <li>▪ não inflamável;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ resistência à baixa umidade</li> <li>▪ baixa tensão;</li> <li>▪ baixo isolamento;</li> <li>▪ poeira.</li> </ul>
0.100	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Perlite.</li> </ul>		

*Alto custo das novas alternativas/tecnologias de isolamento são uma barreira à sua implementação, bem como os requisitos estruturais associados.*

# CUSTO E EVOLUÇÃO ENERGÉTICA

Custo/Dificuldade



FONTE: ELETROS

*Custo energia é exponencial: quanto mais desafiadoras as metas à serem atingidas, maiores os custos das tecnologias envolvidas.*

## FORÇAS CHAVE DEMANDANDO DECISÕES

- Protocolos Montreal / Kyoto
- Iniciativas específicas de cada país



- Regulamentações
- Desequilíbrio entre oferta e demanda

- Phase-out de materiais
- Risco de alto custo e indisponibilidade de materiais (PU / BA)
- Desenvolvimento de novos materiais

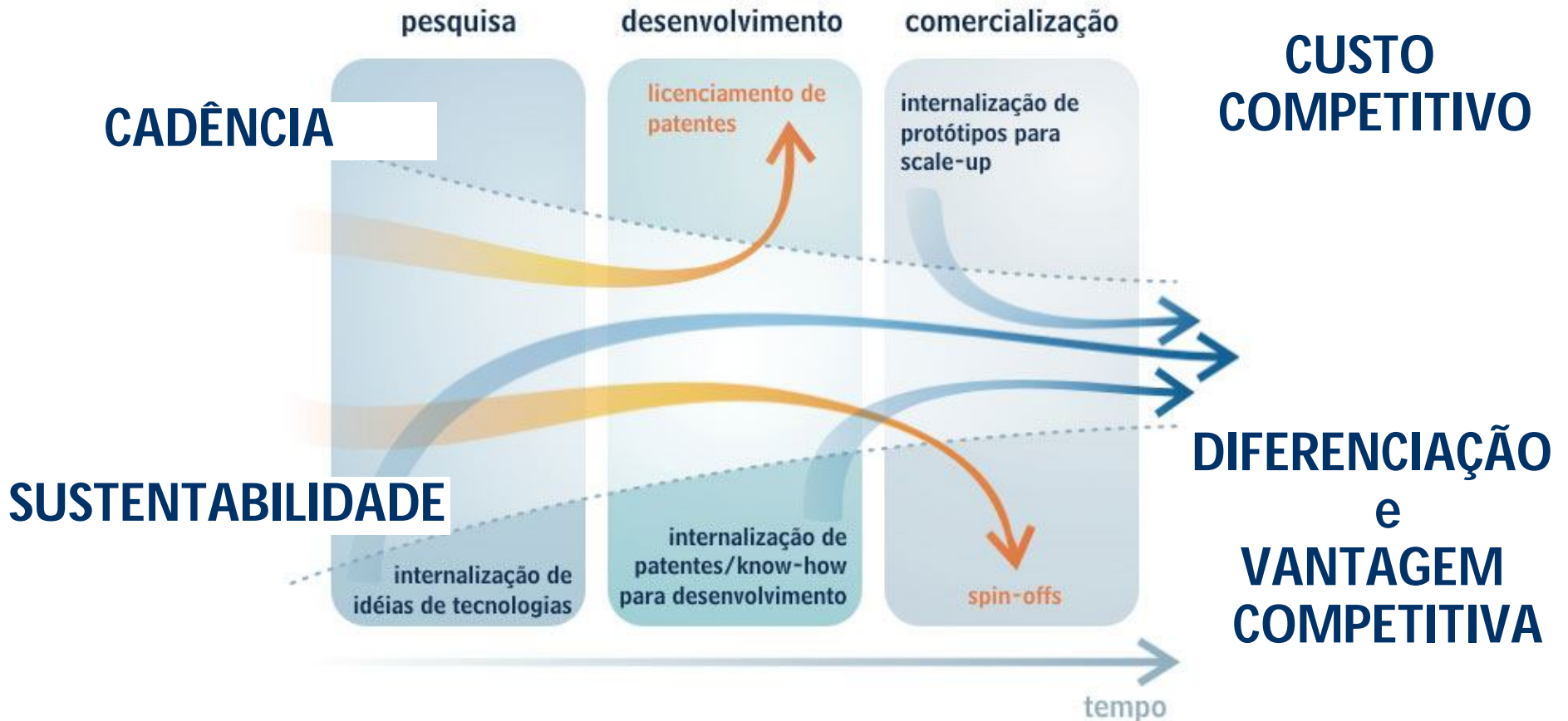
*O balanço adequado entre as 3 forças chave definem a melhor escolha do isolamento térmico. O impacto das decisões afeta o longo prazo...*

## PERSPECTIVAS PARA OS PRÓXIMOS ANOS

- Curto Prazo (próximos 2 anos)
  - melhoria de formulação / novas tecnologias de Polióis / MDI;
  - melhoria do processo de injeção da espuma através de:
    - ✓ menor tamanho de célula;
    - ✓ melhoria de distribuição do fator K;
    - ✓ Simulação de injeção PU.
  
- Médio a longo prazo ( $\geq$  a 2 anos)
  - processos de injeção e/ou isolamento à vácuo;
  - materiais: novos agentes de expansão (HFOs);
  - desenvolvimento de novas tecnologias de isolamento.

*Curto Prazo: menor risco/custo e ganho incremental de energia ~ 2 a 3%*  
*Médio/longo prazo: maior risco/custo com maior ganho em energia ~ 3 a 7%*

# ISOLAMENTO TÉRMICO É UM COMPONENTE ESTRATÉGICO E FUNDAMENTAL PARA A PERFORMANCE DOS REFRIGERADORES



*Inovação é a chave para o sucesso em todas as dimensões do produto, inclusive em relação a melhoria de Eficiência Energética/Isolamento Térmico.*

## 2. Sistemas de Isolamento Fogões

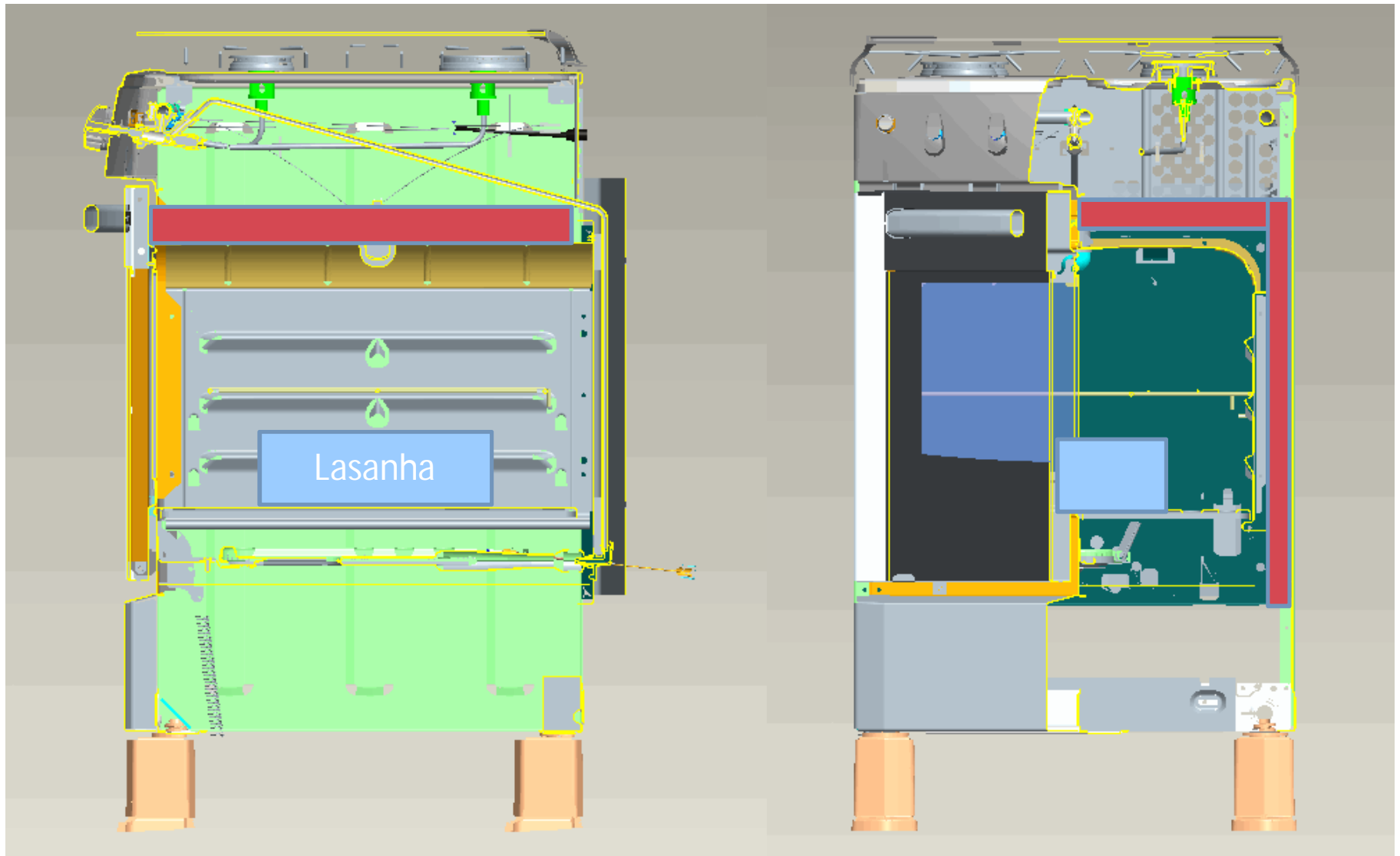
## INTRODUÇÃO



- Fogões têm utilizado no Brasil nos últimos 50 anos lã de vidro ou lã de rocha;
- Globalmente utiliza-se, além das lãs citadas, a fibra cerâmica.
- São materiais porosos e o que provê isolamento é o ar armazenado em seu interior. O coeficiente de isolação térmica varia em função da espessura, densidade e temperatura de operação, sendo em média  $0,08\text{W/m.K}$  a  $260^{\circ}\text{C}$ ;

*Escolha do material de isolamento está associada ao desempenho do produto e equilíbrio de custo.*

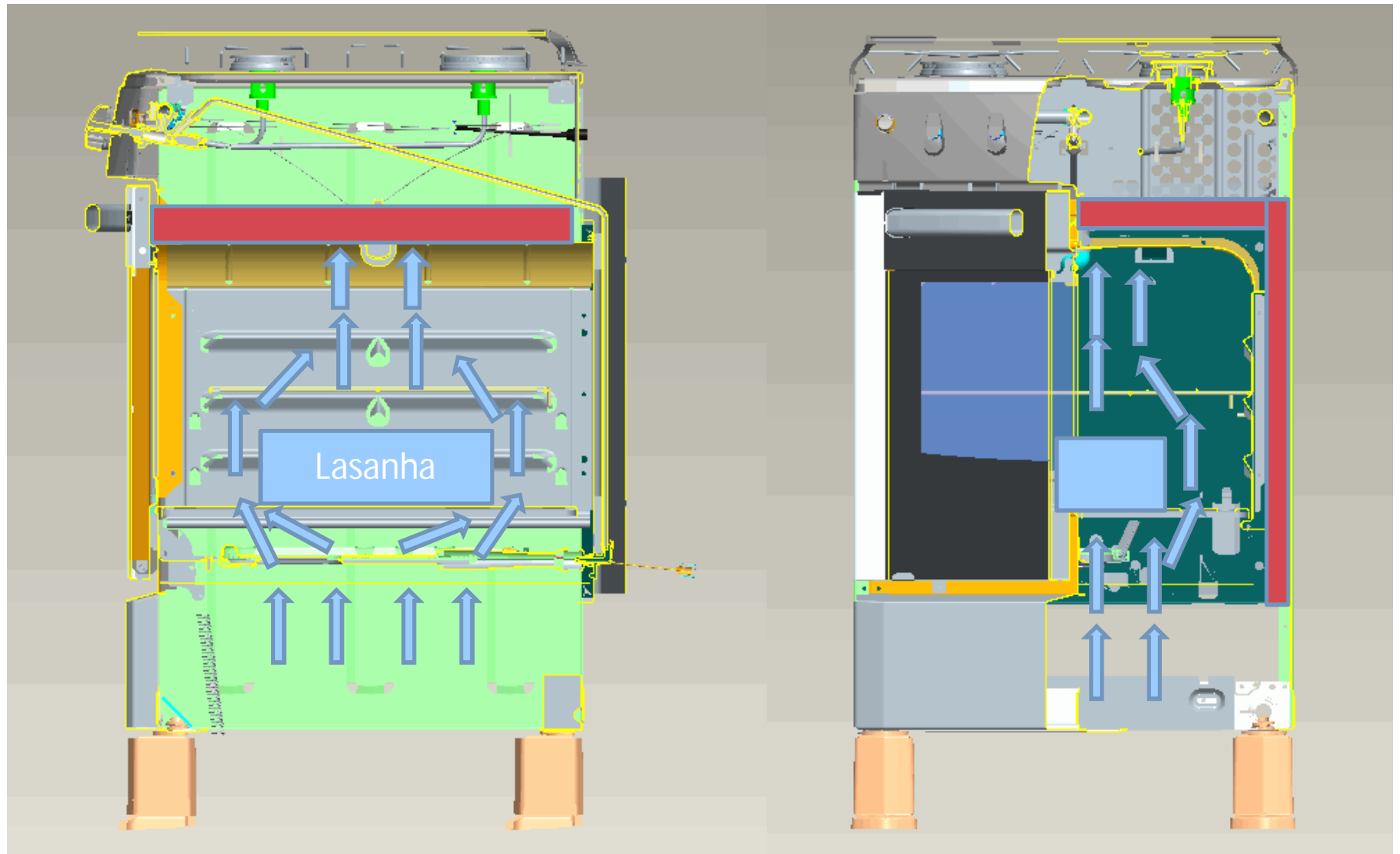
# APLICAÇÃO



*Assamento = temperatura + convecção!*

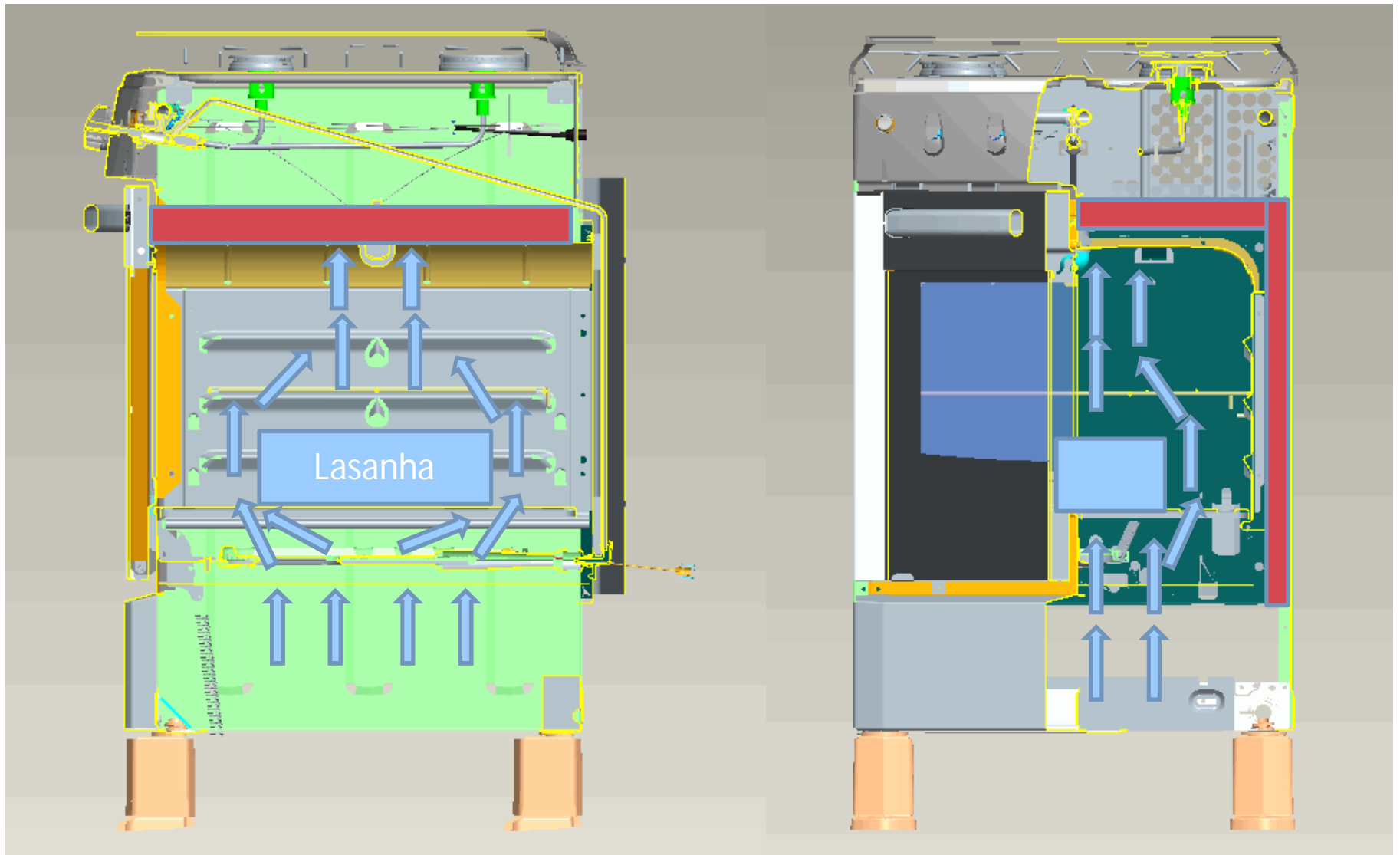


# APLICAÇÃO



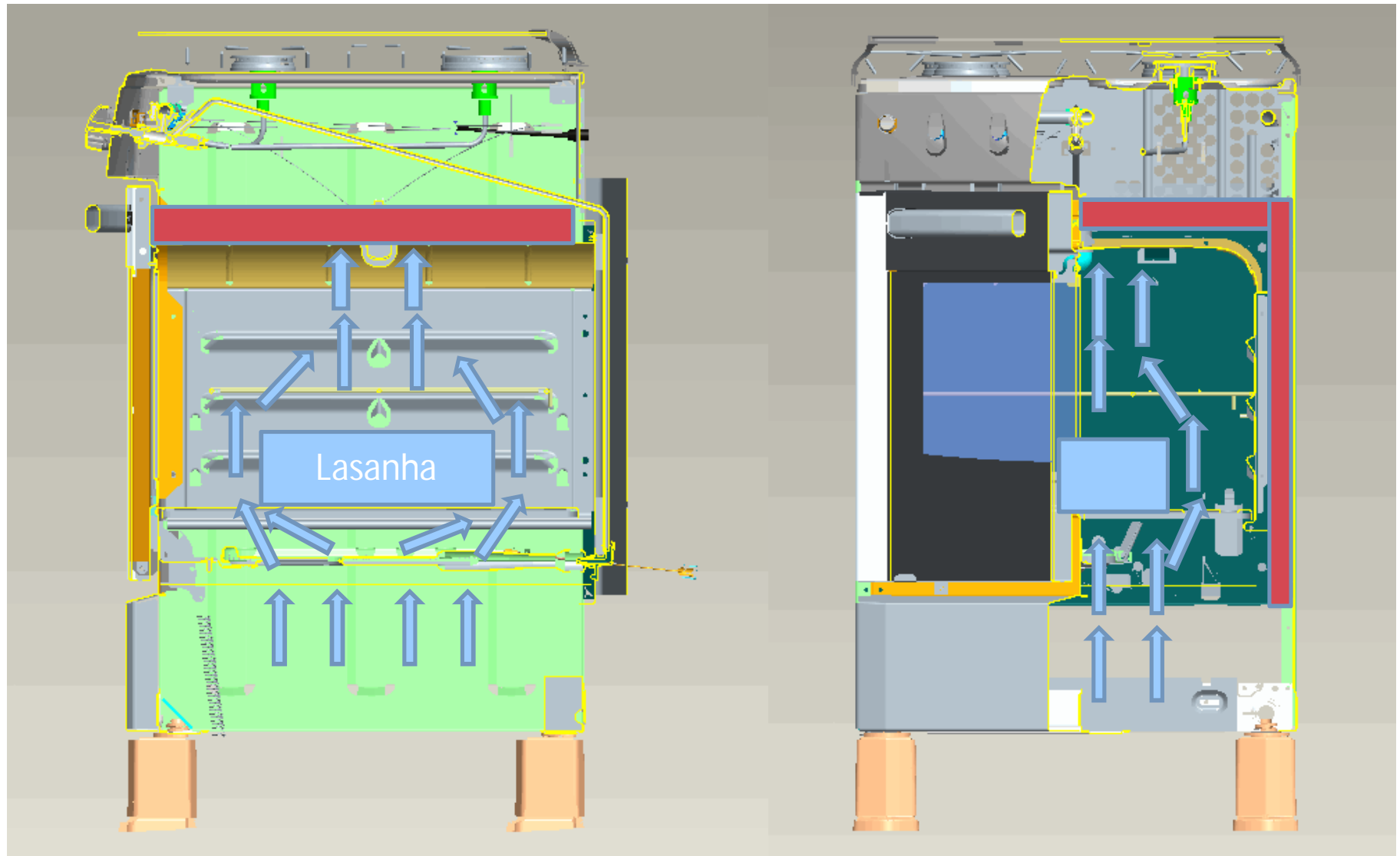
*Assamento = temperatura + convecção!*

# APLICAÇÃO



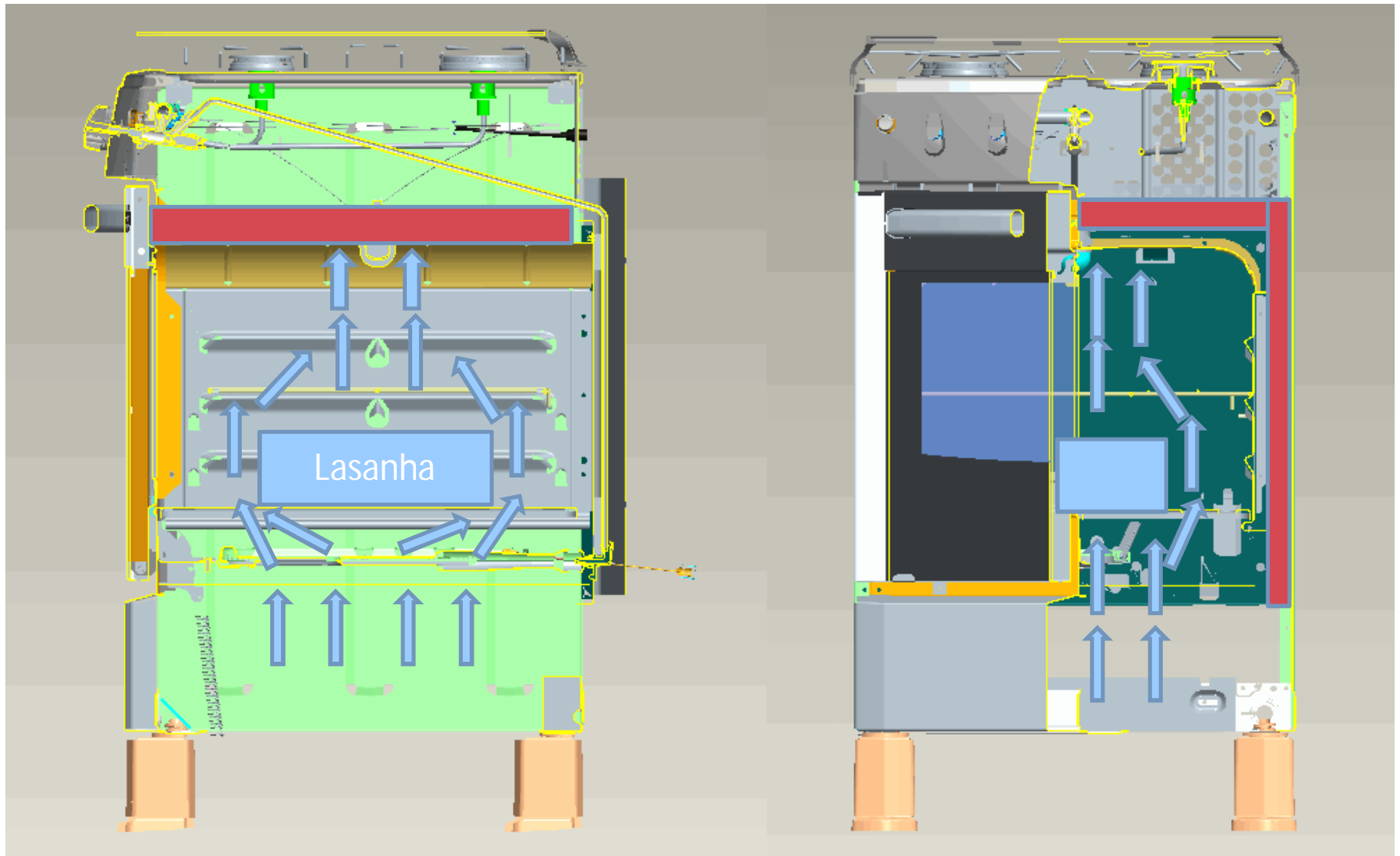
*Assamento = temperatura + convecção!*

# APLICAÇÃO



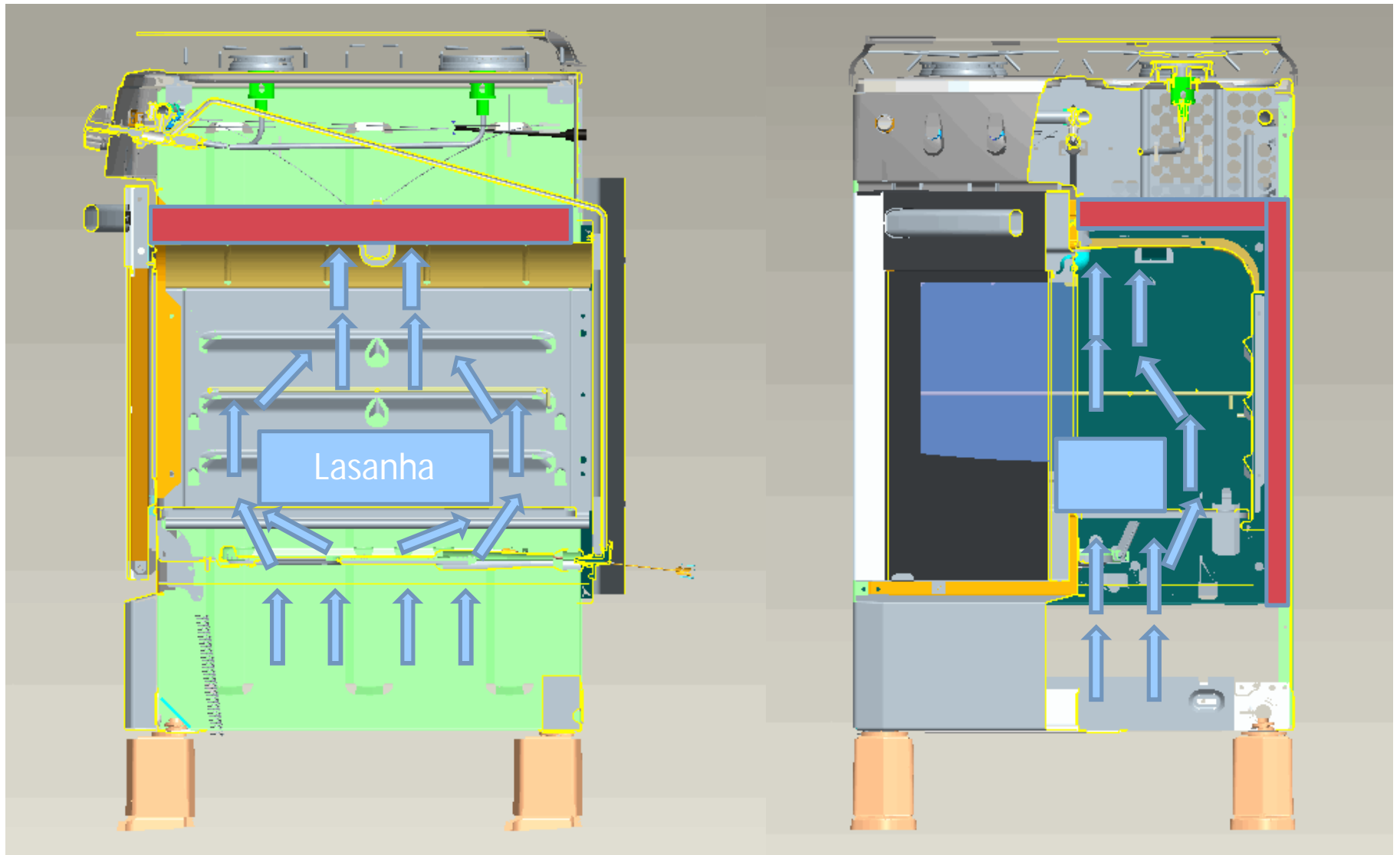
*Assamento = temperatura + convecção!*

# APLICAÇÃO



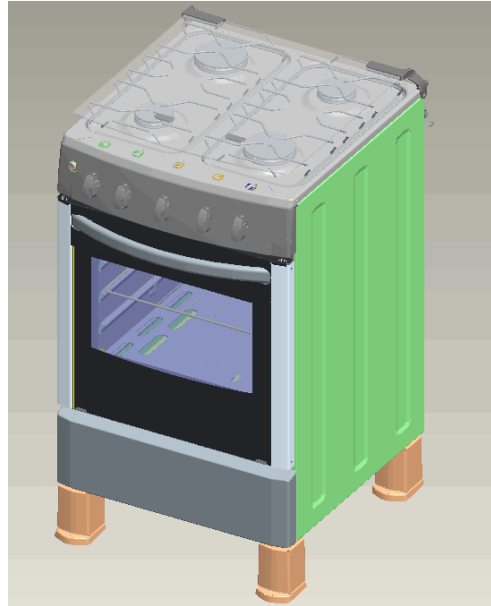
*Assamento = temperatura + convecção!*

# APLICAÇÃO



*Assamento = temperatura + convecção!*

## EFICIÊNCIA ENERGÉTICA



- A norma de consumo energético atualmente aplicada, item 3.2 NBR 13723-2, especifica que o consumo deve ser avaliado através da vazão mássica de gás necessária para manter a cavidade a  $210^{\circ}\text{C} + \text{TA}$  em vazio por um período de tempo;
- Esse método de medição não considera o uso real do produto, no qual o forno precisa manter a temperatura com uma carga de alimento dentro da cavidade;
- Além de manter a temperatura interna do forno considerando uma carga, o forno deve ter um balanceamento adequado entre temperatura interna e convecção de ar para o assamento correto do alimento;

## EFICIÊNCIA ENERGÉTICA



- Esse balanceamento é obtido com o adequado isolamento da cavidade, evitando perdas de calor pelas paredes, e o correto fluxo de ar, obtido através das aberturas no chão do forno, que permitem a entrada do ar na cavidade, e o projeto da chaminé, que permite a correta exaustão do ar quente;
- A norma atual de consumo não considera esse balanceamento entre temperatura interna da cavidade e fluxo de ar, e sim, apenas a manutenção da temperatura interna, o que não garante que o produto tenha bom assamento;
- Em alguns casos, é possível encontrar produtos cuja classificação energética é A e o tempo de assamento de, por exemplo, um bolo é muito acima do desejável, acabando por consumir mais gás;

## RESULTADOS DE TESTES REAIS

### ➤ Bolo

#### Produto A



Assamento:

Qualidade: Aceitável

Tempo: 10" + 30" = 40"

Consumo de gás: 37,29L

#### Produto B



Assamento:

Qualidade: Inaceitável

Tempo: 10" + 40" = 50"

Consumo de gás: 43L

AMBOS OS PRODUTOS TÊM CLASSIFICAÇÃO A



## RESULTADOS DE TESTES REAIS

### ➤ Pão de queijo

#### Produto A



Assamento:

Qualidade: Aceitável

Tempo: 10" + 40" = 50"

Consumo de gás: 44,58L

#### Produto B



Assamento:

Qualidade: Inaceitável

Tempo: 10" + 40" = 50"

Consumo de gás: 43,23L

AMBOS OS PRODUTOS TÊM CLASSIFICAÇÃO A

---

## FUTURO – PROPOSTA DE MEDIÇÃO

- O desenvolvimento de fornos e fogões deve contemplar o menor consumo de gás, porém, sem prejudicar o assamento adequado do alimento. A norma deveria avaliar o volume de gás necessário para aquecer uma carga padrão, procedimento esse que levaria a indústria ao caminho correto de desenvolver fogões com a eficiência avaliada da forma mais próxima possível à realidade de uso;
- Vale comentar que a eficiência dos queimadores de mesa já é hoje medida considerando o consumo de gás para elevar a temperatura de uma quantidade determinada de água, sendo assim mais próxima ao uso real do consumidor;
- Também a norma Européia faz a medição do consumo energético de fornos com base na elevação da temperatura interna de um material padrão (European IEC 60350 Energy Consumption Test).

***OBRIGADO POR SUA ATENÇÃO!***