



# **Formacel<sup>®</sup> 1100 (FEA-1100)**

**Agente expansor líquido com zero ODP  
e baixo GWP**

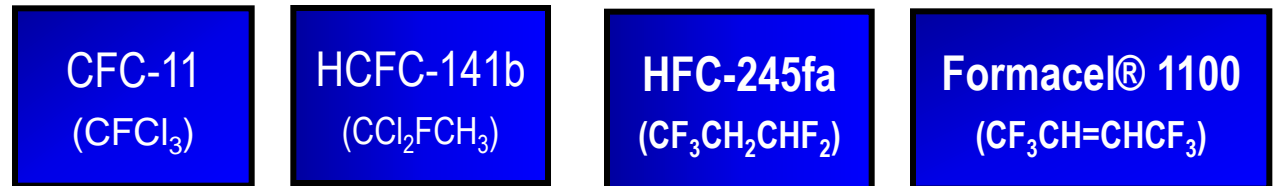
**Novembro de 2012**

Responsible: Helen Walter-Terrinoni, Gary Loh, Joseph A Creazzo,  
Mark L Robin Ph.D, Saadat A Ata

## Status do programa

- Percepção global dos clientes indica melhora significativa de desempenho;
- Comercialização do agente expansor líquido DuPont™ Formacel® 1100:
  - Status regulatório:
    - TSCA (Japão) – aprovado
    - REACH (Europa) – aprovado
    - SNAP/PMN (EUA) – em andamento
  - Planta piloto em fase de testes
  - Avaliação de diversas opções de venda comercial previstas para 2013-2016

# Percepção dos clientes

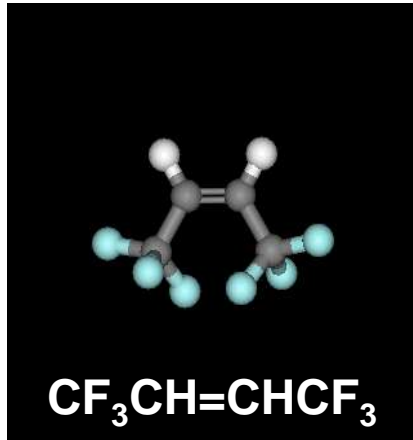


	CFC-11 (CFCl <sub>3</sub> )	HCFC-141b (CCl <sub>2</sub> FCH <sub>3</sub> )	HFC-245fa (CF <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CHF <sub>2</sub> )	Formacel® 1100 (CF <sub>3</sub> CH=CHCF <sub>3</sub> )
Cloro	Alto	Inferior	Não	Não
ODP	Alto	Inferior	Não	Não
Ligação dupla	Não	Não	Não	Sim
GWP(100yr ith)	Alto	Inferior	Inferior	Baixo

## Critérios exigidos para novos Agentes Expansores

- Sustentabilidade (ODP, GWP, VOC)
- Segurança (toxicidade, não inflamabilidade, pressão)
- Desempenho (estabilidade, eficiência energética, propriedades de espuma)
- Custo-benefício (eficiência, compatibilidade, manuseio)

# Impacto do Formacel® 1100 – Nível de formação de Ozônio



Foam Expansion Agent	MIR (g O <sub>3</sub> /g)
<b>Formacel 1100</b>	<b>0.04</b>
Methyl Formate	0.06
HFO-1234ze	0.10
HFO-1234yf	0.28
<b>Ethane</b>	<b>0.28</b>
Dichloroethylene	1.70
Cyclopentane	2.39

- EUA e Europa utilizam indicativos como a condição de Composto Orgânico Volátil (VOC) ou o Potencial Fotoquímico de Formação do Ozônio (POCP) para caracterizar o nível de formação do ozônio;
- A Reatividade Incremental Máxima (MIR) do etano é utilizada para identificar aspectos como VOC e POCP;
- A MIR do Formacel®1100 é 86% menor que a do etano (W.P.L Carter communication 2011);
- Formacel®1100 deverá ser classificado como não-VOC com baixo POCP.

# Formacel® 1100 x demais opções de baixo ODP

**Formacel® 1100** – a única alternativa com baixo ODP que também oferece baixo GWP, não é VOC, possui baixa toxicidade, não é inflamável, apresenta baixa condutividade térmica e ponto de ebulição apropriado.

Property	Formacel® 1100	HFC-245fa	HFC-365mfc	Pentanes (Cyclopentane)	Methyl Formate
ODP	0	0	0	0	0
GWP(100yr ITH)	8.9	1030	794	11	<25
VOC	Não [1]	Não	Não	Sim	Não
Toxicity – OEL, TLV or AEL (ppm)	500 [2]	300	1000	600	100
Flammability	Não	Não	Sim	Sim	Sim
Lambda @ 25 °C (mW/mK)	10.7	12.7	10.5	13	10.7
Boiling Point (°C)	33	15	40	49	32

[1] Baseado no baixo número MIR

[2] AEL é os Limites de Exposição da DuPont permitidos (8-12 hr TWA)

# Demonstração de desempenho a partir da percepção do cliente

- Desempenho para diversas aplicações (quando comparado ao HFC-245fa);
- Estabilidade física (de até nove meses);
- Estabilidade química (de até nove meses);
- Desempenho de isolamento térmico (fatores-k iniciais e finais);
- Eficiência energética (testes em equipamentos);
- Outras propriedades de espuma (estabilidade dimensional, propriedades mecânicas, etc);
- Uso em misturas para equilibrar custo e desempenho de isolamento

# Percepções de clientes - Formacel® 1100 x mistura de HFCs

- Mistura 70:30 HFC(245fa:365mfc) – melhoria em quesitos de inflamabilidade e vapor de pressão
- Dados de clientes – pour-in-place (PIP) e aplicações em spray

FEA Property	HFC-245fa	HFC-365mfc	Formacel® 1100
ODP	0	0	0
GWP(100yr ith)	1030	794	8.9
VOC	Não	Não	Não*
Toxicity - TLV, OEL or AEL (ppm)	300	1000	500
Boiling Point (C)	15	40.2	33
Flammability	Não	Sim	Não
Lambda @ 25 C (mW/mK)	12.7	10.5	10.7

\* Based on low MIR value

# Percepções de clientes – Formulação *Pour-in-Place* (PIP)

Drop-in molar igual ao da já existente formulação PIP 70:30 HFC (245fa:365mfc)

Formulation	70:30 HFC (245fa:365mfc)	Formacel® 1100
Polyol Blend (pbw)	100	100
Additives & Flame Retardant (pbw)	24	24
Water (moles)	0.16	0.16
Foam Expansion Agent (moles)	0.22	0.22



# Estabilidade química e física – Formulação PIP

Formacel® 1100 apresentou boa estabilidade em formulações HFC(365mfc/245fa)

Stability	Initial	1 months	3 months
Physical Stability	Soluble (same as HFC)	Soluble (same as HFC)	Soluble (same as HFC)
<b>Chemical Stability</b>			
Cream time (second)	20	20	18
Gel time (second)	87	86	81
Tack free (second)	125	124	117
Density (kg/m <sup>3</sup> )	29.2	28.9	28.2

# Propriedades de espuma – Formulação PIP

Agente expansor Formacel® 1100 apresentou fator-k com melhoria de 7%

Foam Property	70:30 HFC (245fa:365mfc) Blend	Formacel® 1100
Density (kg/cm <sup>3</sup> )	27.0	27.9
Initial k-factor (mW/mK at 23 °C)	23.7	22.1
Compressive Strength (N/cm <sup>2</sup> )	15.5	14.0
Dimensional Stability (Volume %)		
Cold ( -20 °C /72 h)	-0.7	-1.3
Hot (100 °C/72 h)	5.8	6
Hot & Humid (100 °C/95% RH/72 h)	-0.6	-0.9

# Percepções de clientes

## Formulação de spray de espuma (fator-k e densidade)

- Drop-in molar igual ao da formulação de spray de espuma 70:30 HFC(245fa:365mfc)
- Espuma pulverizada por meio de máquina de pulverização Graco/Gusmer FF-1600
- Formacel® 1100 apresentou fator-k com melhoria de 7%

Foam Property	70:30 HFC (245fa:365mfc) Blend	Formacel® 1100
Core Density (kg/m <sup>3</sup> )	36.0	35.3
k-factor at 23 °C (mW/mK)	21.6	20.2
k-factor at 23 °C (mW/mK) - after 1 day	21.7	20.2
Closed cell %	93%	95%

# Percepções de clientes

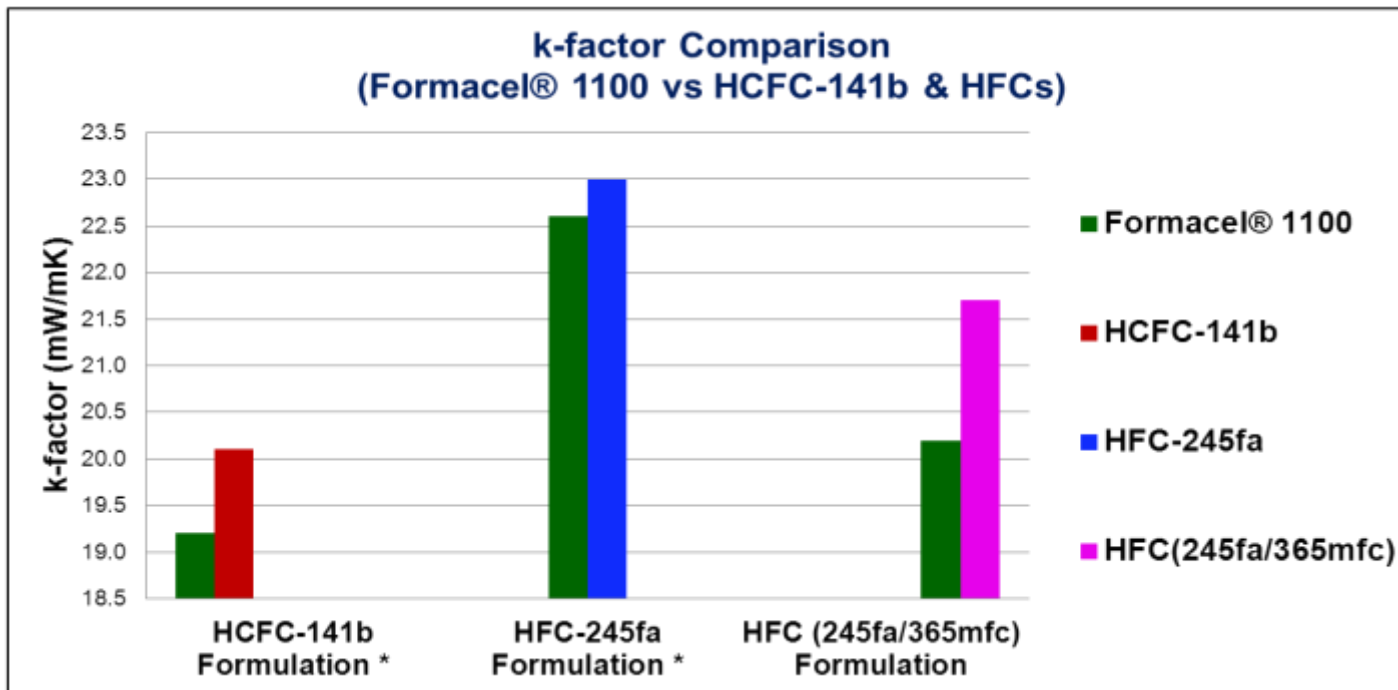
## Spray de espuma (outras propriedades de espuma)

- Formacel® 1100 apresentou propriedades de espuma equivalentes a outras

Foam Property	70:30 HFC (245fa:365mfc) Blend	Formacel® 1100
<b>Dimensional Stability (% Volume change)</b>		
Cold(-30 °C/48 h) – parallel	-0.38%	-0.72%
Cold(-30 °C/48 h) – perpendicular	-5.94%	-6.99%
Hot(70 °C/48 h) – parallel	0.10%	-0.26%
Hot(70 °C/48 h) – perpendicular	-2.59%	-0.95%
Hot Humid (70 °C/95% RH/48 h) - parallel	-0.1%	1.2%
Hot Humid (70 °C/95% RH/48 h) - perpendicular	4.76%	6.98%
<b>Mechanical Properties</b>		
Compressive strength -parallel (kPa)	181	187
Bending strength (kPa)	155	163

# Comparação de melhoria do fator-k a partir de percepções de clientes

- Formacel® 1100 apresentou melhor fator-k nos três casos
- O nível do FEA e de formulações B-side afetaram a proporção da melhora



\*Referência: Proceedings of Utech Europe 2012

# Estudo recente de laboratório – Formacel® 1100 x HCFC-141b

Formacel® 1100 – versão do HCFC-141b com zero ODP e baixo GWP

FEA Property	HCFC-141b	Formacel® 1100
Molecule Structure	$\text{CCl}_2\text{FCH}_3$	$\text{CF}_3\text{CH}=\text{CHCF}_3$
Chlorine	Sim	Não
ODP	0.11	0
GWP (100 yr ITH)	725	8.9
VOC	Não	Não*
Exposure Limits (ppm)	500	500
Flammability	Não	Não
Lambda @ 25 °C (mW/mK)	9.7	10.7
Boiling Point (°C)	32	33
Molecular Weight	117	164

\* Expectativa baseada no baixo valor MIR

# Redução do nível de HCFC-141b

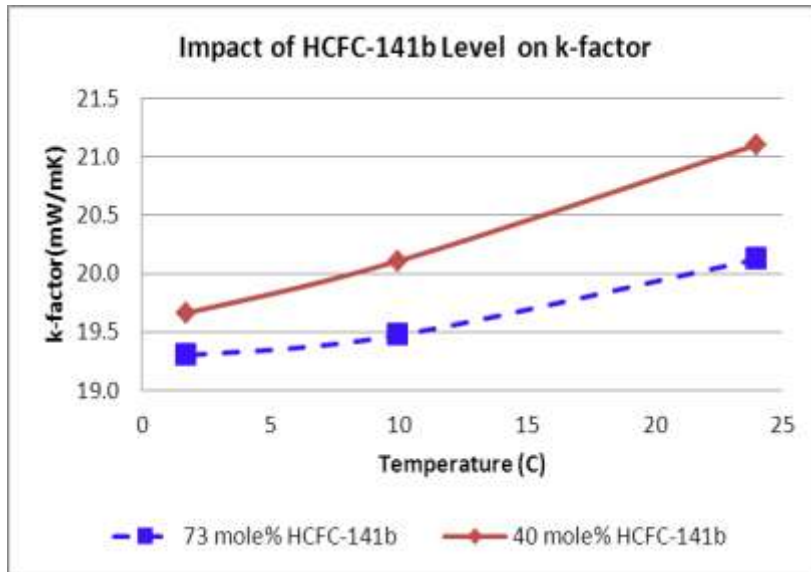
- Mesma formulação para eletrodomésticos
- Redução do nível de HFC-141b de 73 mol% para 40 mol%

Formulations	73 mole % HCFC-141b	40 mole % HCFC-141b
Foam index	1.2	1.2
Polyol Blend (pbw)	100	100
Additives (pbw)	9.9	9.9
Water (pbw)	1.7	3.8
FEA (pbw)	30	16
Moles of FEA	0.26	0.14
Moles of Water	0.09	0.21
Mole % of FEA	73%	40%

# Impacto da redução do nível de HCFC-141b

HCFC-141b em 40 mol%:

- Redução do uso de FEA em 45wt%
- Piora do fator-k em todas as temperaturas



Initial Foam Properties	73 mole % HCFC-141b	40 mole % HCFC-141b
Density (kg/m <sup>3</sup> )	28.8	28.2
k-factor (mW/mK) at 24 °C	20.1	21.1
k-factor (mW/mK) at 10 °C	19.5	20.1
k-factor (mW/mK) at 1.7 °C	19.3	19.7
<b>Relative k-factor changes</b>		
k-factor at 24 °C	Control	4.9%
k-factor at 10 °C	Control	3.3%
k-factor at 1.7 °C	Control	1.9%
<b>Relative FEA changes</b>		
FEA (weight)	Control	-45%



# Redução do nível de Formacel® 1100

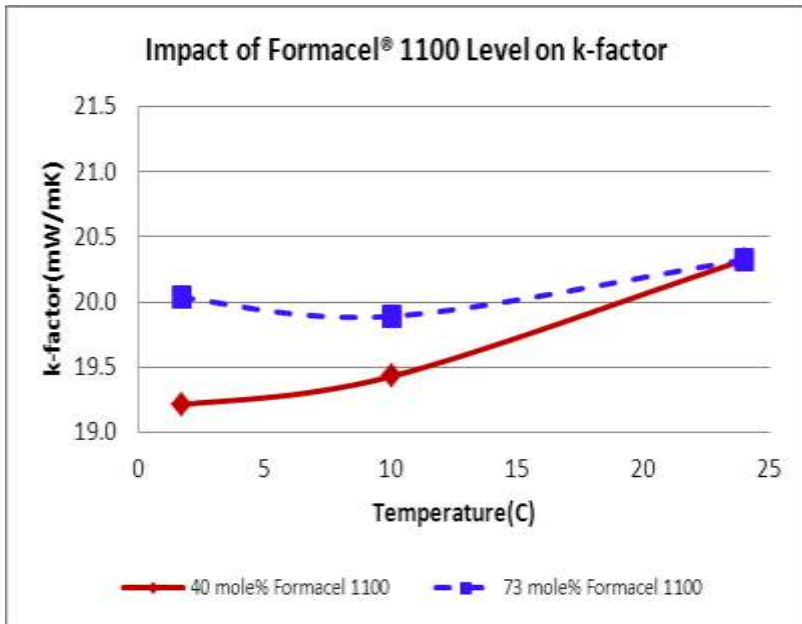
- Formulação para aplicação em eletrodomésticos
- Redução do nível de Formacel® 1100 de 73 mol% para 40 mol%

Formulations	73 mole % Formacel® 1100	40 mole % Formacel® 1100
Foam index	1.2	1.2
Polyol Blend (pbw)	100	100
Additives (pbw)	9.9	9.9
Water (pbw)	1.7	3.8
FEA (pbw)	42	23
Moles of FEA	0.26	0.14
Moles of Water	0.09	0.21
Mole % of FEA	73%	40%

# Impacto da redução do nível de Formacel® 1100

Formacel® 1100 em 40 mol%:

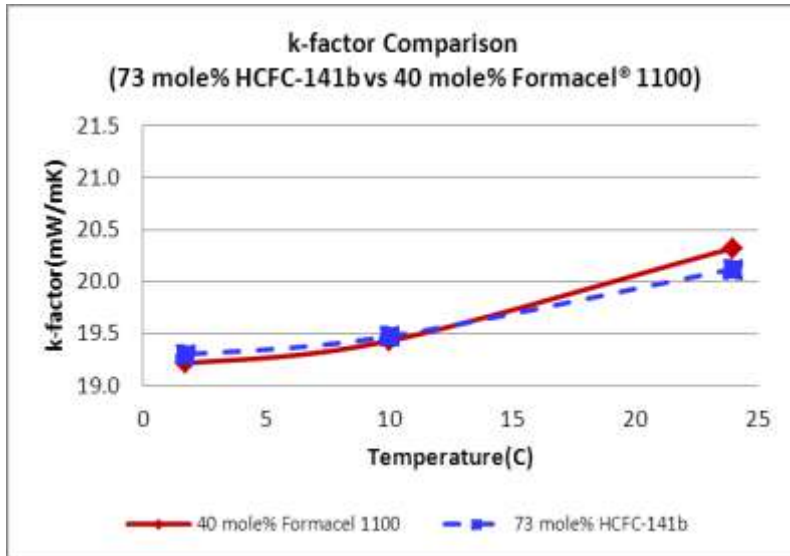
- Redução do uso de FEA em 45 wt%
- Melhora do fator-k a 10°C and 1.7°C
- Nenhum impacto ao fator-k a 24°C



Initial Foam Properties	73 mole % Formacel® 1100	40 mole % Formacel® 1100
Density(kg/m <sup>3</sup> )	27.0	28.5
k-factor(mW/mK) at 24 °C	20.3	20.3
k-factor (mW/mK) at 10 °C	19.9	19.4
k-factor (mW/mK) at 1.7 °C	20.0	19.2
<b>Relative k-factor changes</b>		
k-factor at 24 °C	Control	0.0%
k-factor at 10 °C	Control	-2.3%
k-factor at 1.7 °C	Control	-4.1%
<b>Relative FEA changes</b>		
FEA (weight)	Control	-45%

# Comparação do Formacel® 1100 a 40 mol% x HCFC-141b a 73 mol%

- Redução do uso de Formacel® 1100 em 23 wt%
- Fator-k de performance equivalente em todas as temperaturas

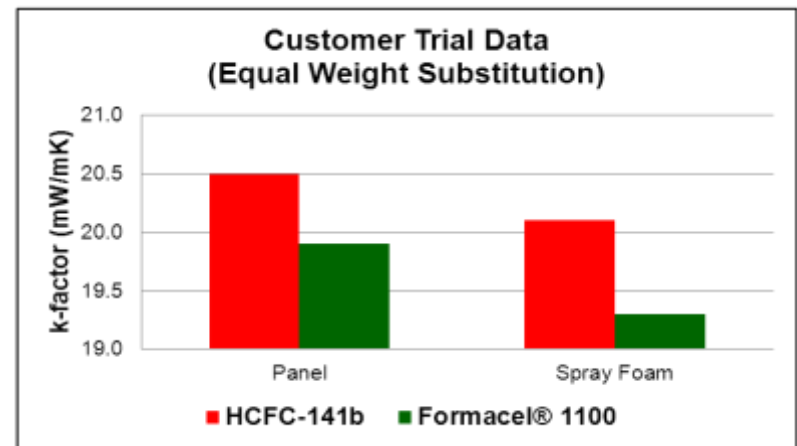
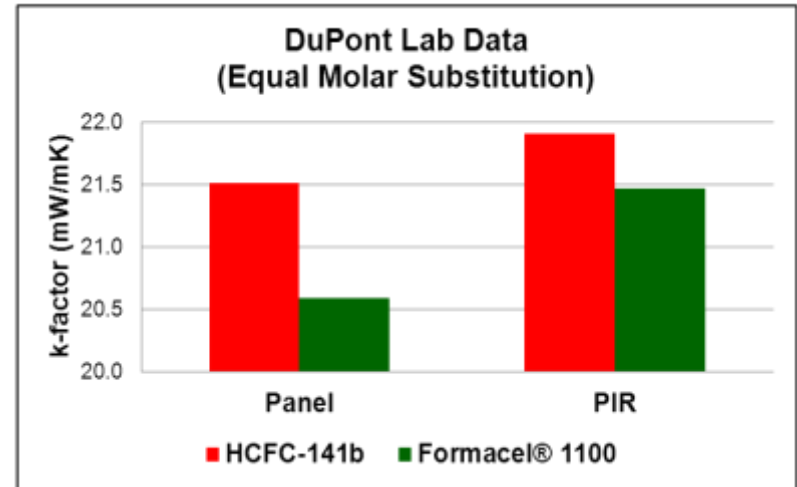


Initial Foam Properties	73 mole % HCFC-141b	40 mole % Formacel® 1100
Density (kg/m <sup>3</sup> )	28.8	28.5
k-factor (mW/mK) at 24 °C	20.1	20.3
k-factor (mW/mK) at 10 °C	19.5	19.4
k-factor (mW/mK) at 1.7 °C	19.3	19.2
<b>Relative k-factors</b>		
k-factor at 24 °C	Control	1.0%
k-factor at 10 °C	Control	-0.2%
k-factor at 1.7 °C	Control	-0.4%
<b>Relative FEA Changes</b>		
FEA (weight)	Control	-23%

# Nível de impacto em outras formulações (Formacel® 1100 x HCFC-141b)

- Dados de laboratório da DuPont: substituição molar igual com 2.0 - 4.3% de melhoria do fator K
- Dados do cliente\*: substituição de peso igual com 2.9 - 4.0% de melhoria do fator K
- Clientes utilizaram menos Formacel® 1100 para alcançar o mesmo nível de melhoria

\* Referência: *Proceedings of Utech Europe 2012*



# Estudo de laboratório DuPont – Formacel® 1100 – Formulações com ciclopentano

Níveis de Formacel® 1100 podem ser ajustados por meio da utilização de água e ciclopentano

Formulations (pbw)	73 mole% Cp	73 mole% Formacel® 1100	40 mole% Formacel® 1100	60:40 Formacel® 1100:Cp blend (39 mole% Formacel® 1100)	60:40 Formacel® 1100:Cp blend (29 mole% Formacel® 1100)
Foam Index	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Polyol Blend	100	100	100	100	100
Additives	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9
Water	1.7	1.7	3.8	0.0	1.7
FEA or FEA Blends	18.0	42.1	23.0	37.4	27.4
<b>Formacel® 1100 Level</b>	<b>0.0</b>	<b>42.1</b>	<b>23.0</b>	<b>22.4</b>	<b>16.4</b>

# Estudo de laboratório DuPont – Formacel® 1100 – Formulações com ciclopentano

Formacel® 1100 em níveis reduzidos pode oferecer performance de isolamento térmico superior

	73 mole% Cp	73 mole% Formacel® 1100	40 mole% Formacel® 1100	60:40 Formacel® 1100:Cp blend (39 mole% Formacel® 1100)	60:40 Formacel® 1100:Cp blend (29 mole% Formacel® 1100)
Initial Properties					
Density (kg/m <sup>3</sup> )	27.9	27.0	28.5	30.0	28.4
k-factor (mW/mK) at 24 °C	22.5	20.3	20.3	19.6	21.4
k-factor (mW/mK) at 10 °C	21.9	19.9	19.4	19.1	20.3
k-factor (mW/mK) at 1.7 °C	21.8	20.0	19.2	19.5	19.9
Relative k-factor vs Cp					
k-factor (mW/mK) at 24 °C	Control	-10%	-10%	-13%	-5%
k-factor (mW/mK) at 10 °C	Control	-9%	-11%	-13%	-7%
k-factor (mW/mK) at 1.7 °C	Control	-8%	-12%	-10%	-8%
Relative Formacel® 1100 Usage					
Relative Formacel® 1100 Usage vs Equal Molar Substitution(pbw)		Control	-45%	-47%	-61%

# Estudo de laboratório Dow – Formacel® 1100 formulado com ciclopentano

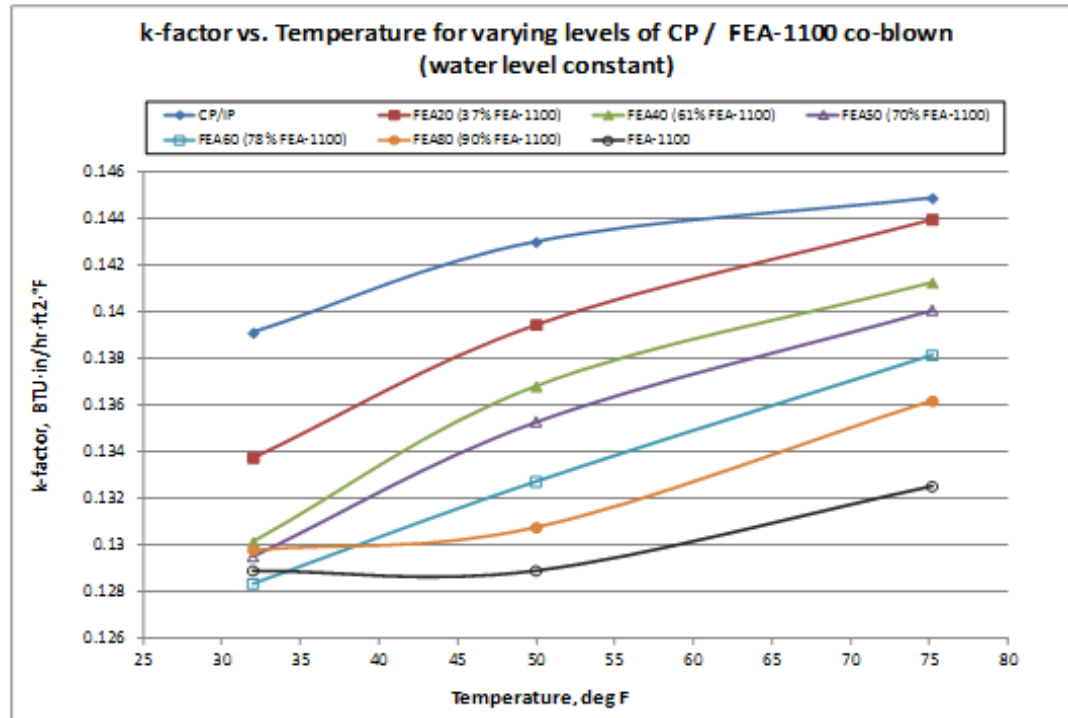


Figure 5 – Lambda - Reference Hydrocarbon System -blown with FEA-1100/CP-IP with 15% overpacking

Assessment of Formacel® 1100 (FEA-1100) Blowing Agent in Rigid Polyurethane Insulating Foams for Domestic Appliance (Melissa Rose *The Dow Chemical Company*; Vanni Parenti, Rosella Riccio *Dow Italia S.r.l.*; Paulo Altoe' *Dow Brasil Sudeste Industrial*)

# Dow - Teste em eletrodomésticos - Formacel® 1100 x ciclopentano

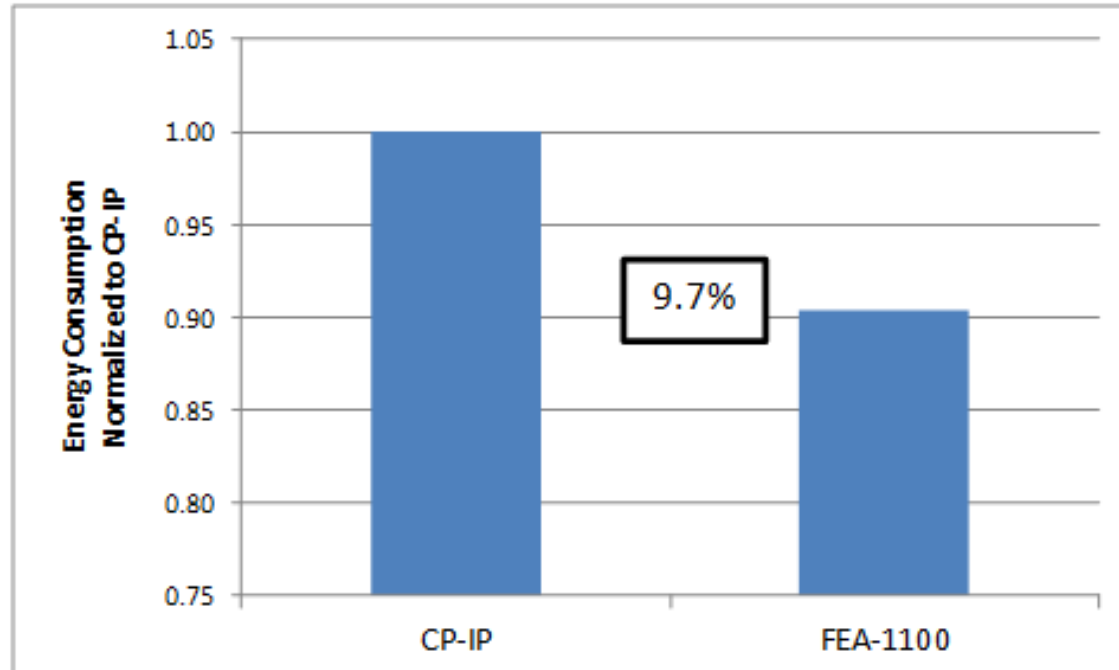


Figure 7 – Energy consumption for Domestic Refrigerator

Assessment of Formacel® 1100 (FEA-1100) Blowing Agent in Rigid Polyurethane Insulating Foams for Domestic Appliance (Melissa Rose *The Dow Chemical Company*; Vanni Parenti, Rosella Riccio *Dow Italia S.r.l.*; Paulo Altoe' *Dow Brasil Sudeste Industrial*)



## Resumo

- Formacel® 1100 oferece zero ODP e baixo GWP enquanto mantém características desejáveis, tais como não ser VOC, apresentar ponto de ebulição apropriado, baixa condutividade de vapor térmico e não inflamabilidade;
- Avaliações dos clientes demonstram que Formacel® 1100 é um agente expensor de espuma viável para diversos tipos de espuma, que melhora o desempenho se comparado a atuais opções disponíveis no mercado;
- Informações provenientes de clientes e estudos desenvolvidos pela DuPont mostram que Formacel® 1100, em níveis reduzidos, pode proporcionar performance de isolamento térmico equivalente ou superior;
- DuPont está conduzindo mais estudos para ampliar a performance do Formacel® 1100;
- DuPont se compromete em oferecer uma solução ambientalmente aceitável com desempenho de isolamento térmico significativamente superior e com melhor custo-benefício de comparada às demais opções oferecidas pela indústria de espuma;
- DuPont está progredindo em direção à comercialização do Formacel® 1100.

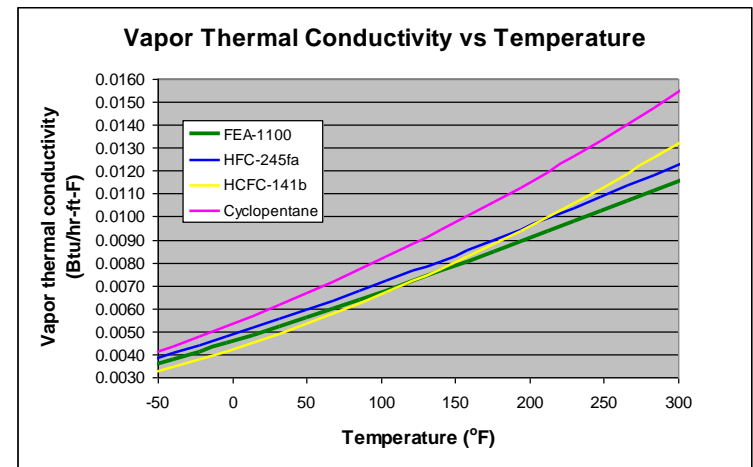
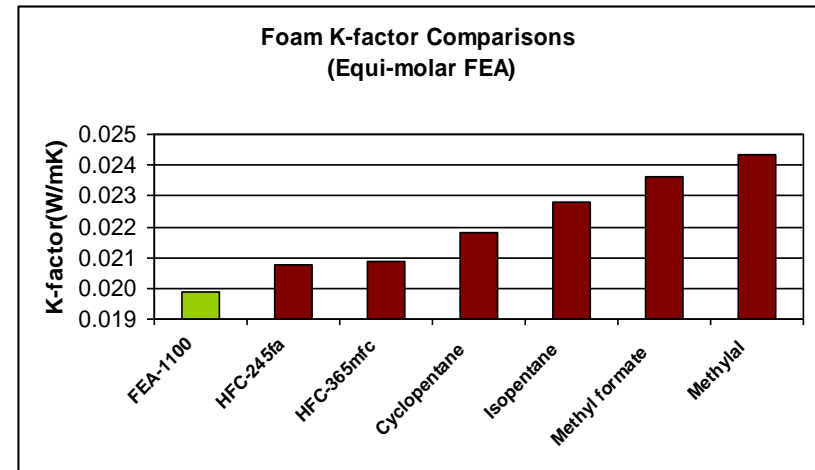
## AVISO LEGAL

As informações aqui contidas são fornecidas gratuitamente e com base em dados técnicos que a DuPont acredita serem confiáveis. Elas são destinadas ao uso por pessoas com qualificação técnica, a seu próprio risco. Como as condições de uso estão fora de nosso controle, não podemos dar garantias, expressas ou implícitas, e não assumimos nenhuma responsabilidade em relação a qualquer uso desta informação. Nada aqui é para ser tomado como uma licença para operar ou uma recomendação para infringir quaisquer patentes ou pedidos de patentes.

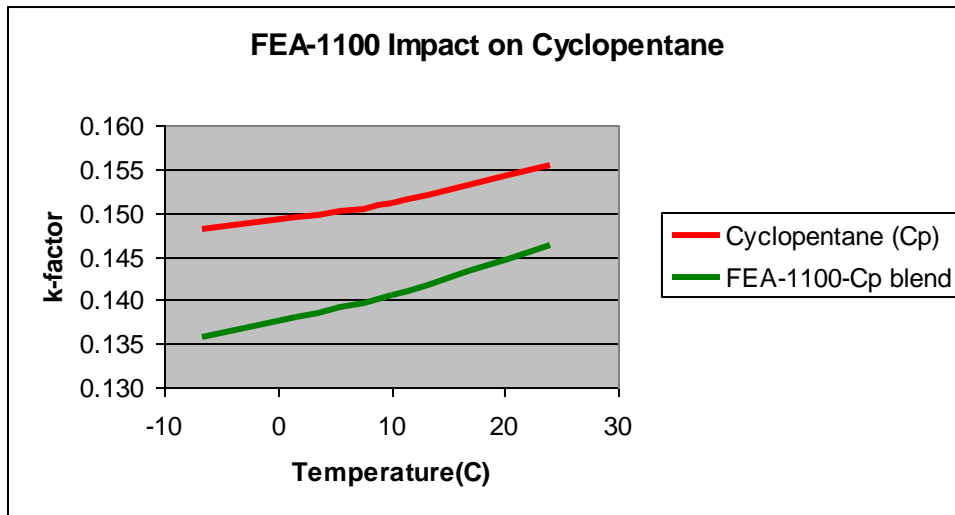
# Formacel® 1100 – Condutividade térmica

A baixa condutividade térmica de Formacel® 1100 permite:

- Menor quantidade de agente expensor de espuma;
- Isolamento menos espesso;
- Maior resistividade de isolamento;
- Maior redução de gases responsáveis por causar o efeito estufa, devido ao reduzido consumo de energia;
- Formulações junto a alternativas que reduzem GWP, otimizam a performance e reduzem custos.

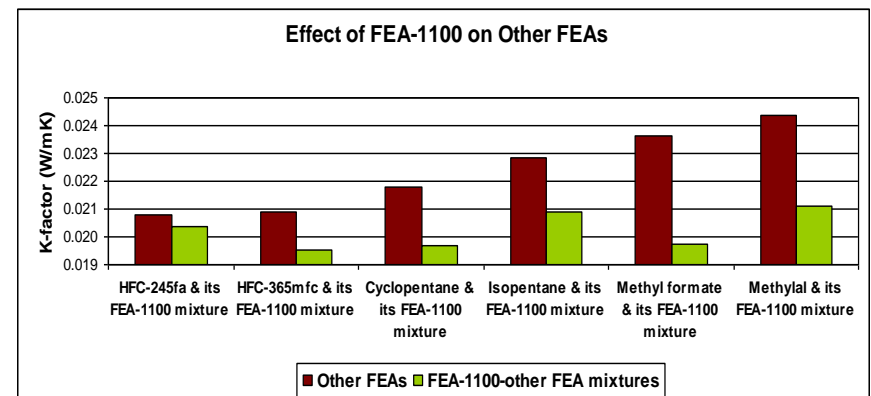


# Misturas de Formacel® 1100

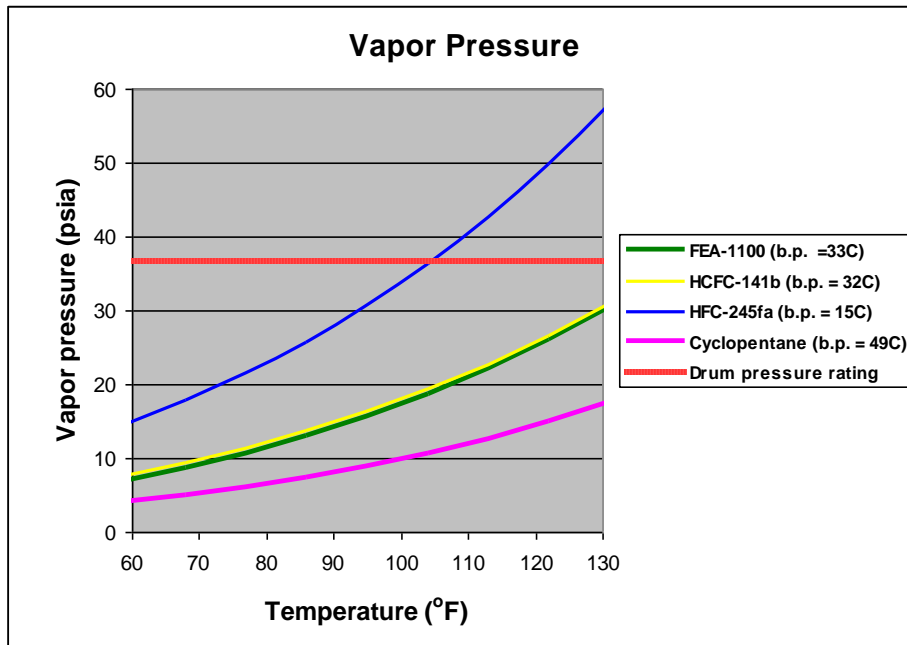


- Formulação genérica para eletrodomésticos sem otimização;
- Formacel® 1100 pode ser utilizado para melhorar a baixa temperatura de isolamento térmico;
- Melhoria x moléculas puras mantidas em espumas

- As misturas de Formacel® 1100 blends se aplicam a todos os outros FEA's;
- Redução do fator K quando misturado a outras alternativas que apresentam zero ODP



# Formacel® 1100: investimentos de capital



Formacel® 1100 NÃO exige investimento para:

- tanques de maior calibre, tubulações ou recipientes para transporte ou armazenamento;
- alterações para materiais de construção;
- flamabilidade ou equipamentos para proteção contra explosão.

Facilidade de conversão:

- Curva de vapor de pressão semelhante à curva dos outros FEA's;
- ASTM E-681 (60°C e 100°C) não inflamável;
- Compatibilidade com material e ingredientes tais como metais, elastômeros, plásticos (incluindo ABS e HIPS) e solubilidade em poliol.

# Compatibilidade com material: metal

FEA-1100 é compatível com metais comumente utilizados

Alterações de FEA-1100 após duas semanas a 100°C (212°F)

Metal Coupons	Metal Coupon Weight	Metal Coupon Appearance	FEA Solution Appearance	FEA Solution Analysis
Stainless Steel	No weight change	No sign of corrosion	Clear	No fluoride detected **
Carbon Steel	No weight change	No sign of corrosion	Clear	No fluoride detected **
Copper	No weight change	No sign of corrosion	Clear	No fluoride detected **
Brass	No weight change	No sign of corrosion	Clear	No fluoride detected **
Aluminum	No weight change	No sign of corrosion	Clear	No fluoride detected **

\*\* Detection limit = 0.5 ppm

# Compatibilidade com material: elastômeros

FEA-1100 é compatível com elastômeros comumente utilizados

Alterações de FEA-1100 após duas semanas a temperatura ambiente

Symbol	Material	Brand	% Weight Change	% Volume Change	% Hardness Change
<b>NR</b>	Natural Rubber	Natural Rubber	4.4%	1.9%	0.0%
<b>CR</b>	Polychloroprene	Neoprene® W	0.8%	0.1%	0.0%
<b>NBR</b>	Acrylonitrile Butadiene	BUNA N	15.3%	2.6%	-13.6%
<b>CSM</b>	Chlorosulfonated Polyethylene	Hypalon 40®	0.2%	0.8%	-1.3%
<b>FFKM</b>	Fluoroelastomer	Kalrez®	7.9%	-3.4%	-2.9%
<b>T</b>	Polysulfide	THIOKOL FA ®	0.3%	6.7%	-6.1%
<b>IIR</b>	Isobutylene Isoprene	Butyl Rubber	0.3%	13.1%	-13.3%
<b>EPDM</b>	Hydrocarbon (Ethylene-Propylene Terpolymer)	Nordel®	1.4%	5.5%	-7.1%

# Compatibilidade com material: plásticos

FEA-1100 é compatível com plásticos comumente utilizados

Alterações de FEA-1100 após duas semanas a temperatura ambiente

Symbol	Material	Brand	% Weight Change	% Volume Change	% Hardness Change
ABS	Acrylonitrile-butadiene-styrene	Cyclocac®EX58	-0.1%	-0.6%	0.0%
HIPS	High Impact Polystyrene		0.3%	-0.4%	-2.9%
PEI	Poly(ethylene terephthalate)	Kynite®	0.0%	0.7%	-1.2%
PS	Polystyrene	Styron®	-0.4%	0.9%	0.0%
PVC	Polyvinyl Chloride	Bakelite®	0.0%	0.0%	0.0%
CPVC	Chlorinated Polyvinyl Chloride		0.0%	-0.3%	0.0%
PTFE	Fluorocarbon(PTFE)	Teflon ®	1.1%	0.3%	-17.2%
ETFE	Fluorocarbon(ETFE)	Tefzel®	0.7%	0.0%	12.9%
	Ionomer	Surlyn®	0.3%	0.0%	1.9%
POM	Acetal	Delrin®	0.1%	-1.2%	-1.3%
PC	Polycarbonate	Tuffak®	0.0%	-0.6%	0.0%
PEEK	Polyetheretherketone	Victrex®	0.0%	0.2%	0.0%
	Polyarylate	Arylon®	0.2%	-0.2%	-4.4%
LCP	Polyester	Xydar ®	0.0%	-0.4%	-1.5%
	Nylon 6/6	Zytel® 101	0.4%	-0.5%	3.1%
PEI	Polyetherimide	Ultem®	-0.1%	0.0%	0.0%
	Polyaryl sulfone	Radel®	-0.2%	0.3%	0.0%
PVDF	Poly(vinylidene fluoride)	Kynar®	0.1%	-0.3%	0.0%
PP	Polypropylene	Tenite®	0.3%	-0.5%	0.0%
	LCP	Zenite	-0.1%	-0.9%	0.0%
HDPE	High Density Polyethylene	Alathon ®	0.0%	0.3%	3.3%
	Phenolic	Duzeug®	0.0%	-0.1%	1.2%





Thank you!



*The miracles of science™*