

República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI0613723-7 A2**

(22) Data de Depósito: 28/06/2006
(43) Data da Publicação: 08/02/2011
(RPI 2092)



★ B R P I 0 6 1 3 7 2 3 A 2 ★

(51) *Int.Cl.:*
H01B 3/44
H01B 9/00
H01B 11/00
C08F 10/02

(54) Título: **CABO DE ENERGIA OU COMUNICAÇÃO E USO DE UMA COMPOSIÇÃO DE POLIETILENO**

(30) Prioridade Unionista: 30/06/2005 EP 05 014217.3

(73) Titular(es): Borealis Technology OY

(72) Inventor(es): HANS EKLIND, IRENE HELLAND, REMKO VAN MARION, ROGER CARLSSON

(74) Procurador(es): Dannemann, Siemsen, Bigler & Ipanema Moreira

(86) Pedido Internacional: PCT EP2006006267 de 28/06/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2007/003323 de 11/01/2007

(57) Resumo: CABO DE ENERGIA OU COMUNICAÇÃO E USO DE UMA COMPOSIÇÃO DE POLIETILENO. A presente invenção refere-se a um cabo de energia ou comunicação, que compreende uma camada de invólucro externa, feita de uma composição de polietileno, que compreende uma resina de base que compreende (A) uma primeira fração de homo- ou copolímero de etileno, e (B) uma segunda fração de homo- ou copolímero de etileno, em que a fração (A) tem um peso molecular mais baixo do que a fração (B), e a resina de base tem uma distribuição de peso molecular PM/PMn de mais de 14.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "CABO DE ENERGIA OU COMUNICAÇÃO E USO DE UMA COMPOSIÇÃO DE POLIETILENO".

A presente invenção refere-se a um cabo de energia ou comunicação, que compreende uma camada de invólucro externa feita de uma
5 composição de polietileno, que compreende uma resina de base contendo duas frações de homo- ou copolímero de etileno. Além disso, a presente invenção refere-se ao uso dessa composição para a produção da camada de invólucro externa de um cabo.

10 Cabos, tais como cabos de energia ou comunicação, normalmente compreendem um núcleo interno que compreende um elemento condutor, tal como um fio metálico ou fibra de vidro, e uma ou mais camadas para fins de blindagem e proteção. A mais externa dessas camadas, com uma finalidade principalmente protetora, normalmente é referida como invólucro externo ou envoltório externo.
15

É conhecido produzir camadas de invólucro protetoras mais externas de composições poliméricas, que compreendem, principalmente, poliolefinas, particularmente, polietilenos. Os diversos campos de aplicação para os vários tipos de cabos tornam necessário que o envoltório externo atende
20 várias exigências que, pelo menos em parte, são contraditórias umas às outras.

Entre propriedades importantes de um envoltório de cabo e um material usado para produção de um envoltório de cabo estão boa processabilidade, inclusive boas propriedades de extrusão, a uma ampla janela de
25 temperatura de processamento, e boas propriedades mecânicas, tal como boa resistência a solicitações ambientais, ESCR de "fendimento", alta resistência mecânica, alto acabamento de superfície e baixa contração do envoltório de cabo final.

Conseqüentemente, é um objetivo da presente invenção pôr à
30 disposição um envoltório de cabo feito de uma composição de polietileno, com, simultaneamente, as propriedades acima mencionadas, com uma alta flexibilidade, combinada com todas as propriedades acima mencionadas.

Particularmente, a composição usada para o envoltório deve mostrar uma processabilidade aperfeiçoada, de modo que possa ser obtido um alto índice de produção, enquanto produz um envoltório de cabo com boas propriedades de superfície.

5 A presente invenção está baseada na descoberta de que esse envoltório pode ser obtido se for usada uma composição de polietileno para sua produção, que tem uma distribuição de peso molecular muito ampla, acima de 14.

10 A presente invenção põe à disposição, portanto, um cabo de energia ou comunicação, que compreende uma camada de invólucro externa feita de uma composição de polietileno, que compreende uma resina de base, que compreende

(A) uma primeira fração de homo- ou copolímero de etileno, e

(B) uma segunda fração de homo- ou copolímero de etileno,

15 sendo que a fração (A) tem um peso molecular mais baixo do que a fração (B), e a resina de base tem uma distribuição de peso molecular P_M/P_{Mn} de mais de 14.

20 A camada de invólucro mais externa do cabo da invenção pode ser processada mais facilmente em comparação com materiais da técnica anterior, enquanto conserva, ao mesmo tempo, boas propriedades mecânicas, particularmente, boa aparência de superfície.

25 O termo "peso molecular", tal como uso no presente, indica o peso molecular em média de peso P_M . A velocidade de corrente de fusão MFR de um polímero pode servir como uma medida para o peso molecular em média de peso.

 O termo "resina de base" significa a totalidade de componentes poliméricos na composição de polietileno usada para a camada de invólucro externa do cabo de acordo com a invenção, normalmente, perfazendo pelo menos 90% em peso da composição total.

30 Normalmente, uma composição de polietileno que compreende pelo menos duas frações de polietileno, que foram produzidas sob condições de polimerização diferentes, resultando em pesos moleculares (em média de

peso) diferentes para as frações, é referida como "multimodal". O prefixo "multi" refere-se ao número de frações de polímero diferentes nas quais consiste a composição. Desse modo, por exemplo, uma composição que consiste em duas frações apenas, é chamada de "bimodal".

5 A forma da curva de distribuição de peso molecular, isto é, a aparência do gráfico da fração de peso de polímero como função de seu peso molecular, desse polietileno multimodal, mostra duas ou mais máximas ou pelo menos está nitidamente ampliada em comparação com as curvas para as frações individuais.

10 Por exemplo, se um polímero for produzido em um processo de etapas múltiplas, seqüenciais, utilizando reatores ligados em série e usando condições diferentes em cada reator, ou quando um polímero é produzido em um processo que compreende uma única etapa, na qual são usados dois ou mais catalisadores diferentes, as frações de polímero produzidas, em cada caso, nos reatores diferentes, ou pelos catalisadores diferentes, cada uma tem sua própria distribuição de peso molecular e peso molecular em média de peso. Quando a curva de distribuição de peso molecular desse polímero é registrada, as curvas individuais dessas frações estão sobrepostas na curva de distribuição de peso molecular para o produto polimérico resultante, total, normalmente produzindo uma curva com duas ou mais máximas diferentes.

Em uma modalidade preferida, a resina de base tem uma distribuição de peso molecular P_M/P_{Mn} de 23 ou mais, de modo particularmente preferido, 25 ou mais, de modo especialmente preferido, 30 ou mais.

25 A resina de base, de preferência, tem um MFR_2 de 0,05 a 5 g/10 min, de modo particularmente preferido, de 0,1 a 4 g/10 min, de modo especialmente preferido, de 0,2 a 3,5 g/10 min e de modo destacadamente preferido, de 0,5 a 1,5 g/10 min.

Além disso, a resina de base tem, de preferência, um MRF_{21} de 30 50 a 150 g/10 min, de modo particularmente preferido, de 70 a 130 g/10 min. Em uma modalidade preferida, a resina de base tem um MRF_{21} de pelo menos 90 g/10 min.

A densidade da resina de base é, de preferência, de 0,915 a 0,960 g/cm³, de modo particularmente preferido, é de 0,918 a 0,950 g/cm³, de modo especialmente preferido, é de 0,918 a 0,935 g/cm³, e de modo destacadamente preferido, é de 0,918 a 0,928 g/cm³.

- 5 A resina de base tem, de preferência, uma relação de velocidade de corrente FRR de 50 a 150, de modo particularmente preferido, de 80 a 130.

- 10 A fração (A) da resina de base tem, de preferência, um MFR₂ de 50 a 5000 g/10 min, de modo particularmente preferido, de 10 a 1000 g/10 min, e de modo especialmente preferido, de 200 a 700 g/10 min.

Além disso, a fração (A) tem, de preferência, uma densidade de 0,930 a 0,975 g/cm³, de modo particularmente preferido, de 0,935 a 0,955 g/cm³.

- 15 Ainda, além disso, a fração (A) é, de preferência, um copolímero de etileno, com pelo menos uma outra alfa-olefina.

De preferência, o comonômero de alfa-olefina da fração (B) tem de 3 a 20 átomos de carbono, de modo particularmente preferido, 4 a 10 átomos de carbono, e de modo especialmente preferido, é escolhido de 1-buteno, 1-hexeno, 4-metil-1-penteno, 1-octeno e 1-decadeno.

- 20 Ainda de preferência, o peso molecular em média de peso da fração (A) é de 5.000 g/mol a 100.000 g/mol, de modo particularmente preferido, é de 7.000 a 90.000 g/mol, e de modo especialmente preferido, é de 10.000 a 80.000 g/mol.

- 25 A fração (B) da resina de base tem, de preferência, um MRF₂ de 0,01 A 1 g/10 min, de modo particularmente preferido, de 0,05 A 0,3 g/10 min.

A fração (B) tem, ainda, de preferência, uma densidade de 0,880 a 0,930 g/cm³, de modo particularmente preferido, tem uma densidade de 0,890 a 0,920 g/cm³.

- 30 Ainda além disso, a fração (B) é, de preferência, um copolímero de etileno, com pelo menos uma outra alfa-olefina.

De preferência, o comonômero de alfa-olefina da fração (B) tem

de 3 a 12 átomos de carbono, de modo particularmente preferido, 4 a 8 átomos de carbono e, de modo especialmente preferido, é escolhido de 1-buteno, 1-hexeno, 4-metil-1-penteno e 1-octeno.

5 Em uma modalidade particularmente preferida, a resina de base compreende ainda

(C) uma terceira fração de homo- ou copolímero de etileno, em uma quantidade de até 20% em peso da resina de base total, com um MRF_2 de 0,1 g/10 min ou mais baixo.

10 De preferência, a quantidade de fração (C) é de até 15% em peso, de modo particularmente preferido, de até 10% em peso da resina de base total. Em uma modalidade preferida, a fração (C) está presente na resina de base em uma quantidade de 1% em peso a 5% em peso.

Ainda, de preferência, a fração (C) está presente na resina de base em uma quantidade de pelo menos 2% em peso, de modo particularmente preferido, de pelo menos 3% em peso.

15 De preferência, a fração (C) tem um MRF_{21} de menos de 1 g/10 min.

A fração (C) é, de preferência, um homopolímero de etileno.

20 A fração (C) é feita, de preferência, em uma etapa anterior a (A) e (B) e a fração (C) tem um P_M mais alto do que a fração (B).

A relação de peso das frações (A):(B) na resina de base é, de preferência, 30:70 a 70:30, de modo particularmente preferido, 40 : 60, de modo especialmente preferido, 45 : 55 a 55: 45.

25 A resina de base tem, de preferência, uma densidade mais baixa do que 960 kg/m^3 .

O peso molecular em média de peso da resina de base é, de preferência, de 100.000 g/mol a 2.000.000 g/mol.

Em uma modalidade preferida, a resina de base consiste nas frações (A), (B) e (C).

30 Além da resina de base, aditivos usuais para utilização com poliolefinas, tais como pigmentos (por exemplo, negro-de-fumo), estabilizadores (agentes antioxidantes), antiácidos e/ou agentes anti-UV, agentes antiestáti-

cos e agentes de utilização (tais como adjuvantes de processamento) podem estar presentes na composição de polietileno. Os aditivos podem ser adicionados como uma mistura prévia de poliolefina. De preferência, a quantida-
des desses aditivos é de 10% em peso ou abaixo, de modo particularmente
5 preferido, 8% em peso ou abaixo, da composição total.

A composição de polietileno do cabo de acordo com a invenção tem, de preferência, um índice Pseudoplástico de cisalhamento $SHI_{(2,7/210)}$ de pelo menos 5, de modo particularmente preferido, pelo menos 10, de modo especialmente preferido, pelo menos 20 e, de modo destacadamente prefe-
10 rido, pelo menos 40.

Além disso, a composição de polietileno tem, de preferência, um índice Pseudoplástico de cisalhamento $SHI_{(2,7/210)}$ de 300 ou menos, de modo particularmente preferido, 290 ou menos, de modo especialmente preferido, 220 ou menos, e modo destacadamente preferido, 200 ou menos.

15 O SHI é a relação da viscosidade da composição de polietileno a diferentes cisalhamentos. Na presente invenção, os cisalhamentos a 2,7 kPa e 210 kPa são usados para calcular o $SHI_{(2,7/210)}$, que pode servir como medida da amplitude da distribuição de peso molecular.

Além disso, a composição de polietileno tem, de preferência,
20 uma viscosidade a um cisalhamento de 2,7 kPa $\eta_{(2,7)}$ de 10.000 a 500.000 Pas, de modo particularmente preferido, de 50.000 a 400.000 Pas, e de modo especialmente preferido, de 75.000 a 350.000 Pas.

A resina de base da composição de polímero usada para fazer a camada de invólucro mais externa do cabo da invenção pode ser produzida
25 por qualquer processo conhecido na técnica.

É preferível, no entanto, que a resina de base seja uma chamada mistura *in-situ* de seus componentes. Por "mistura *in-situ*", é entendido um polímero multimodal, cujas frações são produzidas ou simultaneamente em um estágio de reação (por exemplo, usando dois ou mais catalisadores),
30 e/ou são produzidas em um processo de estágios múltiplos. Um processo de estágios múltiplos é definido como sendo um processo de polimerização, no qual um polímero que compreende duas ou mais frações é produzido produ-

zindo cada uma ou pelo menos duas frações de polímero em um estágio de reação separado, normalmente, com condições de reação diferentes em cada estágio, na presença do produto de reação do estágio anterior, que compreende um catalisador de polimerização. O polímero pode ser recirculado para qualquer estágio ou reator.

Quando no presente são dados aspectos preferidos das frações (A) e/ou (B) da composição da presente invenção, esses valores, geralmente, são válidos para os casos nos quais eles podem ser medidos diretamente na respectiva fração, por exemplo, quando a fração é produzida separadamente ou produzida no primeiro estágio de um processo de estágios múltiplos.

Mas, a resina de base também pode e, de preferência, é produzida em um processo de estágios múltiplos, sendo que, por exemplo, as frações (A) e (B) são produzidas em estágios subsequentes. Nesse caso, as propriedades das frações produzidas na segunda e terceira etapa (ou outras etapas) do processo de estágios múltiplos tanto podem ser inferidas de polímeros que são produzidos separadamente em um único estágio, aplicando condições de polimerização idênticas (por exemplo, temperatura, pressões parciais dos reagentes/diluentes, meio de suspensão, tempo de reação idênticos), com relação ao estágio do processo de estágios múltiplos, no qual a fração é produzida, como usando um catalisador, no qual não há nenhum polímero produzido previamente presente. Alternativamente, as propriedades das frações em um estágio mais alto do processo de estágios múltiplos também podem ser calculadas, por exemplo, de acordo com B. Hagström, Conference on Polymer Processing (The Polymer Processing Society), Extended Abstracts and Final Programme, Gothenburg, agosto 19 a 21, 1997, 4:13.

Portanto, embora não sejam mensuráveis diretamente nos produtos do processo de estágios múltiplos, as propriedades das frações produzidas em estágios mais altos desse processo de estágios múltiplos podem ser determinadas aplicando qualquer um ou os dois métodos acima. A pessoa experiente é capaz de selecionar o método apropriado.

A resina de base do cabo de acordo com a invenção é produzida, de preferência, de modo que pelo menos uma das frações (A) e (B), de preferência, (B), é produzida em uma reação de fase gasosa.

5 Ainda de preferência, uma das frações (A) e (B) da composição de polietileno, de preferência, a fração (A), é produzida em uma reação de pasta fluida, de preferência, em um reator de circuito, e uma das frações (A) e (B), de preferência, fração (B), é produzida em uma reação de fase gasosa.

10 De preferência, além disso, a fração (A) e (B) da composição de polietileno são produzidas em estágios diferentes de um processo de estágios múltiplos.

De preferência, o processo de estágios múltiplos compreende pelo menos um estágio de fase gasosa, no qual, de preferência, é produzida a fração (B).

15 Ainda de preferência, a fração (B) é produzida em um estágio subsequente, na presença da fração (A), que foi produzida em um estágio anterior.

É conhecido, previamente, produzir polímeros de olefina multimodais, particularmente, bimodais, tal como polietileno multimodal, em um processo de estágios múltiplos, que compreende dois ou mais reatores ligados em série. Como exemplo dessa técnica anterior, pode ser feita menção ao documento EP 517 868, que está incorporado ao presente por referência, em sua totalidade, incluindo todas suas modalidades preferidas, tais como descritas no mesmo, como um processo de estágios múltiplos para a produção da composição de polietileno do cabo de acordo com a invenção.

20

25

De preferência, os principais estágios de polimerização do processo de estágios múltiplos tais como descritos no documento EP 517 868, isto é, a produção de frações (A) e (B) é realizada como uma combinação de polimerização de pasta fluida para a fração (A)/polimerização de fase gasosa, para a fração (B). A polimerização de pasta fluida é realizada, de preferência, em um chamado reator de circuito. Ainda de preferência, o estágio de polimerização de pasta fluida precede o estágio de fase gasosa.

30

Em uma modalidade preferida, a fração (C) também é produzida no processo de estágios múltiplos, no qual são produzidas as frações (A) e (B). De preferência, a fração (C) é produzida em uma chamada etapa de pré-polimerização, precedendo a produção de outras frações da resina de base. Tal como mencionado, o prepolímero é, de preferência, um homopolímero de etileno (HDPE).

De preferência, na etapa de pré-polimerização, todo o catalisador é carregado em um reator de circuito e a pré-polimerização é realizada como uma polimerização de pasta fluida. Essa pré-polimerização leva ao fato de que menos partículas finas são produzidas nos reatores seguintes e ao fato de que, no final, é obtido um produto mais homogêneo.

Na produção da resina de base, são usados, de preferência, catalisadores de Ziegler-Natta (ZN) ou metalloceno, de modo particularmente preferido, catalisadores de Ziegler-Natta.

O catalisador pode ser sustentado, por exemplo, com suportes convencionais, incluindo sílica, suportes que contêm Al e suportes baseados em dicloreto de magnésio. De preferência, o catalisador é um catalisador de ZN, de modo particularmente preferido, o catalisador é um catalisador não sustentado por sílica, e de modo especialmente preferido, um catalisador de ZN baseado em $MgCl_2$.

O catalisador de Ziegler-Natta compreende, ainda, de preferência, um grupo 4 (numeração de grupo de acordo com o novo sistema de IUPAC) de compostos metálicos, de preferência, titânio, dicloreto de magnésio e alumínio.

O catalisador pode ser obtível comercialmente ou pode ser produzido de acordo com ou analogamente à literatura. Para a preparação do catalisador preferido, utilizável na invenção, é feita referência a WO2004055068 e WO2004055069 de Borealis e EP 0 810 235. O teor desses documentos está incorporado ao presente em sua totalidade, particularmente, no que se refere às modalidades gerais e todas as preferidas dos catalisadores descritos nos mesmos, bem como aos métodos para a produção dos catalisadores.

De preferência, as condições de polimerização do método de estágios múltiplos preferido são escolhidas de tal modo que, devido ao alto teor de agente de transferência de cadeia (gás de hidrogênio), o polímero comparativamente de baixa molecularidade é produzido em um estágio precedente ao estágio no qual é produzido o polímero de alta molecularidade. Mas, a ordem desses estágios pode ser invertida.

Na modalidade preferida da polimerização da fração (A) em um reator de circuito, seguida da produção da fração (B) em um reator de fase gasosa, a temperatura de polimerização no reator de circuito é, de preferência, de 85 a 115°C, de modo particularmente preferido, é de 90 a 105°C, e, de modo especialmente preferido, é de 92 a 100°C, e a temperatura no reator de fase gasosa é, de preferência, de 70 a 105°C, de modo particularmente preferido, é de 75 a 100°C, e, de modo especialmente preferido, é de 82 a 97°C.

Um agente de transferência de cadeia, de preferência, hidrogênio, é adicionado, conforme necessário, aos reatores e, de preferência, 200 a 800 mols de H₂/kmols de etileno são adicionados ao reator, quando a fração de LMW (de baixo peso molecular) é produzida nesse reator, e 0 a 50 mols de H₂/kmols de etileno são adicionados ao reator de fase gasosa, quando esse reator está produzindo a fração de HMW (de alto peso molecular).

Se for usada uma etapa de pré-polimerização, na qual a fração (C) é produzida, de preferência, nenhum hidrogênio é introduzido no reator durante essa etapa. É preciso estar disposto para admitir uma pequena adição de hidrogênio.

A composição para a camada de invólucro externa do cabo da invenção é produzida, de preferência, em um processo que compreende uma etapa de composição, na qual a composição da resina de base, isto é, a mistura, que é obtida, tipicamente, como um pó de resina de base do reator, é extrudada em um extrusor e depois peletizada para granulados de polímero em um modo conhecido na técnica.

Opcionalmente, aditivos ou outros componentes de polímero

podem ser adicionados à composição durante a etapa de composição, na quantidade tal como descrita acima. De preferência, a composição da invenção, obtida do reator, é composta no extrusor, junto com aditivos, de um modo conhecido na técnica.

- 5 O extrusor pode ser, por exemplo, qualquer extrusor usado convencionalmente. Como exemplo de um extrusor para a presente etapa de composição, pode ser um dos fornecidos por Japan SteelWorks, Kobe Steel ou Farrel-Pomini, pex, JSW 460P.

- 10 Os cabos da invenção, além da camada de invólucro mais externa, compreendem pelo menos um ou mais elementos condutores de energia ou informações. O cabo que compreende a camada de invólucro externa pode ser produzido.

- 15 Tal como indicado previamente, a composição de revestimento do cabo pode ser usada para produzir camadas de invólucro externas para cabos, inclusive cabos de energia, bem como cabos de comunicação. Entre os cabos de energia, pode ser feita menção de cabos de alta voltagem, cabos de média voltagem e cabos de baixa voltagem. Entre cabos de comunicação, pode ser feita menção a cabos em pares, cabos coaxiais e cabos ópticos.

20 Exemplos

Métodos de Medição

a) Peso molecular/distribuição de peso molecular

- 25 O peso molecular em média e peso P_M e a distribuição de peso molecular ($DPM = P_M/PM_n$, onde n é o peso molecular em média numérica e P_M é o peso molecular em média de peso) são medidos por um método baseado em ISO 16014-4:2003. Um instrumento waters 150CV plus foi usado com a coluna 3 x HT&E estiragel de Waters (divinilbenzeno) e triclorobenzeno (TBC) com solvente, a 140°C. O conjunto de coluna foi calibrado usando calibração universal com padrões de DPM OS estreitos (a constante K de Mark Howings: $9.54 \cdot 10^{-5}$ e a : 0,725 para PS, e K : $3,92 \cdot 10^{-4}$ e a : 0,725 para PE). A relação de P_M e PM_n é uma medida da amplitude da distribuição, uma vez que cada um é influenciado pela extremidade oposta da "população".
- 30

b) Densidade

A densidade é medida de acordo com ISO 1872, Anexo A.

c) Velocidade de corrente de fusão/Relação de velocidade de corrente

A velocidade de corrente de fusão (MFR) é determinada de acordo com ISO 1133 e está indicada em g/10 min. A MFR é uma indicação da fluidez e, portanto, da processabilidade do polímero. Quando mais alta a velocidade de corrente de fusão, tanto mais baixa a viscosidade do polímero. A MFR é determinada a 190°C e pode ser determinada a diferentes cargas, tais como 2,16 kg (MFR₂), 5 kg (MFR₅) ou 21,6 kg (MFR₂₁).

A quantidade FRR (relação da velocidade de corrente) é uma indicação de distribuição de peso molecular e indica a relação de velocidades de correntes a diferentes cargas. Portanto, FRR_{21/2} indica o valor de MFR₂₁/MFR₂.

d) Parâmetros reológicos

Parâmetros reológicos, tais como Índice pseudoplástico de Cisalhamento e viscosidade são determinados usando um reômetro, de preferência, um reômetro Rheometrics Phisica MCR 300. A definição e condições de medição estão descritas em detalhe na página 8, linha 20, à página 11, linha 25, do documento WO 00/22040.

e) Resistência a fendimento por solicitação ambiental (ESCR)

A ESCR foi avaliada de acordo com CTL : ISO 6259, com um entalhe aplicado de acordo com ASTM F1473, usando CTL com solicitação constante diferente de 2, 3 e 4 MPa. Foi usada uma solução de Igepal de 10% como meio.

f) Amostras de cabos para a avaliação são extrudados do seguinte modo.

Condutor	Condutor de Al sólido de 3,0 mm
Espessura de parede	1,0 mm
Temperatura do molde	+210°C
Distância entre molde e banho de água	35 cm
Temperatura do banho de água	+23°C
Velocidade da linha	75m/min
Tipo de molde	semitubo

Bocal	3,65 mm
Molde	5,9 mm
Modelo de rosca	Elise

g) Contração

A contração em por cento é medida após 24 h em temperatura constante (+23°C), bem como após 24 h a uma temperatura de +100°C. São medidas amostras de cabos medindo aproximadamente 40 cm. Convenientemente, as amostras estão marcadas de tal modo que a medições depois do condicionamento pode ser realizada no mesmo ponto na amostra de cabo.

Se for constatado que a amostra se contrai durante a medição, primeiramente têm de ser feitas marcas de cerca de 40 cm. Depois, o comprimento é cortado e medido novamente. Amostras duplas são tiradas de cada cabo que deve ser analisado. As amostras são colocadas no ambiente com uma temperatura constante por 24 h, após o que são medidas e o valor de contração em por cento é calculado. Todas as amostras são depois colocadas em uma camada de talco a 100°C, por 24 h. As amostras são medidas e a contração total em por cento é calculada com base no comprimento inicial.

h) Absorção de enchimento

A absorção de enchimento foi medida de acordo com BTM22511 em placas, resfriadas em água fria.

20 i) Propriedades mecânicas

Alongamento de ruptura e resistência à tração na ruptura foram medidos de acordo com 22542/ISO 527-2/1A,B, quer em placas quer em cabos com um envoltório de 1 mm de espessura aplicado sobre um condutor de alumínio com 3 mm de diâmetro.

25 j) Deformação térmica

A mesma foi testada de acordo com EM 60811-3-1:1995. Isso foi testado em cabos com número de 3 mm e uma camada de envoltório de 1 mm, extrudada diretamente sobre o condutor. Essa propriedade é diretamente proporcional à densidade. Nesse teste, foi usado banho de água fria

durante a extrusão, desse modo reproduzindo o pior caso. Quando o plástico fundido encontra a água fria, a densidade é mais baixa do que se a cristalização ocorrer durante resfriamento lento, vide a tabela com os resultados. A massa a 115°C, após 4 h, é registrada e informada como quantos % o ovo (egg) está penetrando na espessura da amostra.

5

Composições testadas

Exemplos 1-5

Duas composições de polietileno de acordo com a presente invenção (Ex1 e Ex2) e duas composições de polietileno comparativas foram preparadas (Exemplos Comparativos 1-3). Todas as composições são bimotoais. Informações adicionais sobre cada composição são dadas abaixo.

10

Tabela 1: Propriedades dos Exemplo 1-2 e Exemplo Comparativo 1-2

	Ex. 1	Ex. 2	Exemplo Comparativo 1	Exemplo Comparativo 2
Densidade	921,8	924,4	923	923
MFR2 (g/10 min)	0,87	0,81	0,4	0,2
MFR21 (g/10 min)	87	96	40	22
FRR21/2	100	118	100	110
Circuito				
Temperatura (°C)	85	85		
Pressão MPa (bar)	6,0 (60)	6,0 (60)		
Relação de H ₂ /C ₂ (mol/kmol)	282	275	330	350
Relação de C ₄ /C ₂ (mol/kmol)	147	142	670	630
MFR2 (g/10 min)	520	520	300	300
Densidade (kg/cm ³)	952	951	951	945
Divisão	50	54	43	42
Fase gasosa				
Temperatura (°C)	80	80		

	Ex. 1	Ex. 2	Exemplo Comparativo 1	Exemplo Comparativo 2
Pressão MPa (bar)	20 (2,0)	20 (2,0)		
Relação de H ₂ /C ₂ (mol/kmol)	8	8	10	3
Relação de C ₄ /C ₂ (mol/kmol)	747	695	650	600
MFR ₂ (g/10 min)	0,85	0,7-1		
Densidade (kg/cm ³)	892	893	901	907
Divisão	50	46	57	58

Como aditivos, foram usados 2400 ppm de Irganox B225 e 1500 ppm de estearato de cálcio. O catalisador usado no Exemplo 1-2 e Exemplo Comparativo 1-2 é um catalisador do tipo Ziegler-Natta, que corresponde ao usado no documento EP 6887794, exemplo 3.

5 Tabela 2: Peso molecular e distribuição de peso molecular de Exemplo 1-2

	Ex. 1	Ex. 2
PM (M _w)	149000	139000
PM _n (M _n)	9040	8070
PM _z (M _z)	845000	796000
DPM (MWD)	16,5	17,3

Nos exemplos 1 e 2, a velocidade de corrente de fusão MFR_{21,6} kg/190°C é significativamente mais alta do que nos exemplos comparativos. Além disso, tal como indicado pelos valores de FRR_{21/2} e DPM, os exemplos de acordo com a invenção têm uma distribuição ampla de peso molecular.

10

Exemplo Comparativo 3 é um polietileno de baixa densidade linear (LLDPE), que inclui 15% em peso de polietileno de baixa densidade para aperfeiçoar a processabilidade. As propriedades da mistura são dadas na tabela 3:

Tabela 3: Propriedades de Exemplo Comparativo 3

	Exemplo Comparativo 3
Densidade (g/cm ³)	0,920
MFR2 (g/10 min)	0,8
MFR21 (g/10 min)	79
FRR _{21/2}	65

A seguir, são mostradas e descritas propriedades de processamento e propriedades mecânicas importantes dessas composições.

Processabilidade

5 Tal como já descrito acima, a processabilidade de um material de envoltório inclui diversos parâmetros, por exemplo, acabamento de superfície, rendimento, pressão de fusão e potência do motor do extrusor. É importante que a janela de processamento seja ampla, uma vez que há muitas aplicações diferentes para um material de envoltório.

10 Para avaliar a processabilidade, as composições foram extrudadas em uma linha de cabos. Um envoltório com espessura de 1 mm foi aplicado sobre um condutor de alumínio com 3 mm de diâmetro. Para solicitar o material em termos de desempenho de contração, o ajuste de temperatura não estava ótimo. O condutor não foi preaquecido, a temperatura de fusão era de 210°C e a temperatura do banho de resfriamento era de 23°C. A velocidade da linha era de 75 m/min.

Acabamento de Superfície

O acabamento de superfície foi avaliado visualmente e manualmente na inspeção.

20 A experiência prévia é que quanto mais baixo a MFR tanto melhor é o acabamento de superfície. Mas, todos os cabos produzidos mostraram uma superfície muito uniforme, o que é bastante surpreendente, considerando os valores de MFR21 altos escolhidos para Exemplos 1-2.

Rendimento e Pressão da Fusão

25 Na tabela 4, são mostrados dados do teste de extrusão da linha de cabos.

Teste 4: Teste de extrusão da linha de cabos

	Ex. 1	Ex. 2	Exem- plo Com- parati- vo 2	Exem- plo Com- parati- vo 1	Exem- plo Com- parati- vo 3
Pressão de filtro MPa (bar)	24,3 (243)	23,5 (235)	33,2 (332)	30,0 (300)	25,5 (255)
RPM	61	61	65	59	58
Potência do extrusor (amps)	55	55	67	65	62

Os resultados da tabela 4 indicam claramente que as composições de acordo com a invenção podem ser extrudadas a uma pressão e potência de extrusor mais baixas.

- 5 Os efeitos de MFR_{21,6kg/190°C} sobre a pressão do extrusor também é mostrado na figura 1. Devido ao MFR₂₁ mais baixo, Exemplos Comparativos 1-2 necessitam de uma pressão de extrusor muito mais alta para ter o mesmo rendimento. Misturando LDPE e LLDPE (isto é, Exemplo Comparativo 3), é possível ter uma pressão de extrusor comparável à de Exem-
 10 plos 1-2. Mas, adicionar LDPE afeta negativamente as propriedades mecânicas, deformação térmica e comportamento de contração, tal como é mostrado abaixo.

Resistência ao fendimento por solicitação ambiental (ESCR)

- 15 O fendimento por solicitação ambiental foi avaliado usando CTL com solicitação constante diferente. Uma solução de Igepal de 10% foi usada como meio. Os resultados são mostrados na tabela 5.

Tabela 5: Resultados de ESCR

	Ex. 1	Ex. 2	Exemplo Compa- rativo 2	Exemplo Compa- rativo 1	Exemplo Compa- rativo 3
CTL 2MPa (h)					
CTL 3MPa (h)	>3500	>3500	>3500	>3500	55,25
CTL 4MPa (h)	>3500	>3500	>3500	>3500	30,35
ESCR teste de sirene (F0h)	>2000	>2000	>2000		>2000

Propriedades mecânicas

Alongamento de ruptura e resistência à tração estão resumidos na tabela 6. Os resultados demonstram que os exemplos de acordo com a invenção têm boas propriedades mecânicas. Em outras palavras, a processabilidade foi aperfeiçoada, enquanto as propriedades mecânicas foram mantidas em um nível alto.

Tabela 6: Dados sobre propriedades mecânicas

	Ex. 1	Ex. 2	Exemplo Comparativo 2	Exemplo Comparativo 1	Exemplo Comparativo 3
Alongamento de ruptura (%)	711	703	661	804	829
Resistência à tração de ruptura (MPa)	26,1	25,8	30,5	31,8	22,0

Contração

Os valores de contração estão relacionados na tabela 7.

10 Tabela 7: Comportamento de contração

	Ex. 1	Ex. 2	Exemplo Comparativo 2	Exemplo Comparativo 1	Exemplo Comparativo 3
Contração em 24 h, 23°C (%)	0,04	0,04	0,05	0,00	0,24
Contração em 24 h, 100°C (%)	0,08	0,13	0,19	0,18	0,92

Os dados da tabela 7 indicam que as composições da presente invenção mostram baixa contração. Particularmente, é evidente que o aperfeiçoamento em processabilidade do Exemplo Comparativo 3 (por exemplo, baixa pressão de extrusão) afeta negativamente o comportamento de contração.

Compatibilidade com compostos de enchimento

A principal aplicação de envoltórios de LD e LLD é em cabos de telecomunicação. Em muitos telecabos, cobre ou fibra óptica, compostos de enchimento são usados para proteger os mesmos contra infiltração de água.

20 Uma geléia de petróleo, Insojell 3332, geralmente é usada em cabos de co-

xa contração. Particularmente, é evidente que o aperfeiçoamento em processabilidade do Exemplo Comparativo 3 (por exemplo, baixa pressão de extrusão) afeta negativamente o comportamento de contração.

Compatibilidade com compostos de enchimento

- 5 A principal aplicação de envoltórios de LD e LLD é em cabos de telecomunicação. Em muitos telecabos, cobre ou fibra óptica, compostos de enchimento são usados para proteger os mesmos contra infiltração de água. Uma geléia de petróleo, Insojell 3332, geralmente é usada em cabos de cobre. Esse composto de enchimento é,
10 normalmente, o composto de enchimento que dá a absorção mais alta.

Foram realizados dois testes, aumento de peso e a influência sobre as propriedades mecânicas.

- 15 Halteres com 2 mm de espessura de placas comprimidas foram colocados em Insojell 3332 por 7 dias. As amostras foram postas em hastes de alumínio, para possibilitar o livre acesso para a geléia de petróleo, por todos os lados. O envelhecimento foi feito a 60°C. Sobre os resultados, vide a tabela 8.

Tabela 8: Influência da geléia de petróleo

	Exem- plo Com- parati- vo 9	Exem- plo Com- parati- vo 10	Exem- plo Com- parati- vo 2	Exem- plo Com- parati- vo 1	Exem- plo Com- parati- vo 3
Aumento de peso (%)	14,5	12,2	10,5	9,0	7,9
Resistência à tração de ruptura (MPa)	20,7	21,4	25,4	25,7	16,4
Mudança na resistência à tração (%)	-8,0	5	-23,3	-20,5	-11,4
Alongamento de ruptura (%)	717	778	639	736	756
Mudança no alongamento (%)	-19,2	-14,8	-22,0	-13,9	-10,7

Nesses exemplos, foram preparados três composições de polietileno de acordo com a presente invenção (Exemplos 3-5) e cinco materiais de referência (Exemplos Comparativos 4-8).

Os exemplos de acordo com a invenção foram preparados em um processo de estágios múltiplos seqüencial, incluindo uma etapa de pré-polimerização, seguida de polimerização em um reator de circuito e, subsequentemente, em um reator de fase gasosa. Desse modo, a composição final incluiu três frações de polímero.

Como catalisador para os exemplos 3-5, foi usado um catalisador comercial Lynx 200®, tal como produzido e fornecido por Engelhard Corporation.

De modo igual aos exemplos de acordo com a invenção, os Exemplos Comparativos 4-5 foram preparados em um processo de estágios múltiplos seqüencial. Mas, contrariamente a Exemplos 3-5, não foi incluída uma etapa de pré-polimerização. Portanto, Exemplo Comparativo 3-5 são bimodais.

O exemplo comparativo 4 está baseado no Exemplo Comparativo 1. Mas, foi adicionado polietileno de baixa densidade.

O exemplo comparativo 5 corresponde ao Exemplo Comparativo 1.

Os exemplos comparativos 6-7 estão ambos baseados em polietileno de baixa densidade linear, ao qual foi adicionado polietileno de baixa densidade para aperfeiçoar a processabilidade.

O Exemplo Comparativo 8 foi preparado em um processo de duas etapas, sendo que a primeira etapa foi realizada em um reator de circuito, seguida de uma etapa de polimerização de fase gasosa.

Outras informações sobre essas composições são fornecidas na tabela 9.

Tabela 9: Condições de processo e propriedades para os Exemplos 3-5

Amostra		Ex. 3	Ex. 4	Ex. 5
REATOR DE PRÉ-POLIMERIZAÇÃO				
temperatura	°C	60	60	60
pressão	MPa (bar)	6,1 (61)	6,0 (60)	6,1 (61)
alimentação de catalisador	g/h	1,4	1,4	2,3
alimentação de co-catalisador	g/h	5,0	5,0	5,0
alimentação de agente antiestático	ppm	7	7	7
alimentação de C ₂	kg/h	1,9	1,7	2,0
alimentação de H ₂	g/h		0,6	
alimentação de C ₄	g/h			
alimentação de C ₆	g/h			
alimentação de C ₃	kg/h	36,8	35,7	38,7
divisão	% em peso	2,7	2,5	3,0
estabilidade de funcionamento		boa	boa	boa
MFR2	g/(10 min)			
densidade	kg/cum			
teor de cinzas	ppm			
REATOR DE CIRCUITO				
temperatura	°C	80	80	80
pressão	MPa (bar)	5,6 (56)	5,6 (56)	5,6 (56)
alimentação de catalisador	g/h	1,4	1,4	2,3
alimentação de co-catalisador	g/h			
alimentação de C ₂	kg/h	32,9	33,0	31,7
alimentação de H ₂	g/h			
alimentação de C ₄	g/h			
alimentação de C ₃	kg/h	80,2	93,7	88,7
concentração de C ₂	% em mol	3,9	4,5	4,3
relação de H ₂ /C ₂	mol/kmol	399	360	390
relação de C ₄ /C ₂	mol/kmol	469	388	421
relação de C ₆ /C ₂	mol/kmol			

relação de alimentação de C_4/C_2	g/kg			
concentração de etano	% em mol	0,23	0,17	0,19
velocidade de produção	kg/h	32	31	30
produtividade	kg/g	23	22	13
divisão	% em peso	50,9	51,6	51,5
estabilidade de funcionamento		boa	razoável	boa
MFR2	g/(10 min)	350	300	350
densidade	kg/cum	944	947	946
densidade da carga	kg/cum	367	374	390
teor de cinzas	ppm	100	150	
US200	% em peso	7,2	13,4	10,5
recipiente	% em peso	10,8	14,0	11,2
partículas finas (<106 μ m)	% em peso	18,0	27,4	21,7
APS	mm	0,22	0,18	0,21
comonômero		1-butenos	1-butenos	1-butenos

REATOR DE FASE GASOSA				
temperatura	°C	80	80	80
pressão	MPa (bar)	2,0 (20)	2,0 (20)	2,0 (20)
alimentação de C_2	kg/h	35	38	34
alimentação de H_2	g/h	10,2	11,0	10,1
alimentação de C_4	kg/h	9,6	12,2	10,8
alimentação de C_6	kg/h			
concentração de C_2	% em mol	11	12	11
pressão parcial de C_2	MPa (bar)	0,22 (2,2)	0,24 (2,4)	0,22 (2,2)
relação de H_2/C_2	mol/kmol	34	29	31
relação de C_4/C_2	mol/kmol	403	455	450
relação de C_6/C_2	mol/kmol			
relação de alimentação de C_4/C_6	g/kg	270	324	321

concentração de etano	% em mol	0,03	0,03	0,03
velocidade de produção	kg/h	30,5	29,3	28,8
produtividade (total)	kg/g	45	42	25
divisão	% em peso	49,1	48,4	48,5
estabilidade de funcionamento		razoável	boa	boa
MFR2	g/(10 min)	0,8	0,9	1,0
MFR21	g/(10 min)	87	94	106
FRR21/2	-	104	106	106
densidade	kg/cum	926	927	925
densidade calculada (fração de HMW)	kg/cum	907	906	903
densidade da carga	kg/cum	404	395	397
US200	% em peso	3,5		5,5
recipiente	% em peso	2,3		3,4
partículas finas (<106 µm)	% em peso	5,8		8,9
APS	mm	0,3		0,3
comonômero		1-buten- o	1-buten- o	1-buten- o

EXTRUSOR

alimentação	kg/hr	221	221	221
velocidade da rosca	rpm	400	400	400
graus de posição da válvula de estrangulamento		12	12	12
SEI	kWh/t	260	271	260
temperatura de fusão	°C	215,4	220,4	216,6
quantidade de granulados	kg	358	400	550
MRF2	g/(10 min)	0,8	0,9	1,0
MFR5	g/(10 min)	3,40	3,90	4,50
MFR21	g/(10 min)	90,0	102,0	111,0
FRR21/2	-	114	115	111
DPM	-	31,6	32,0	32,3

densidade	kg/cum	926,3	928,3	926,8
teor de cinzas	ppm	210	230	280
irganox B225	ppm	2640	2650	2690
irganox B561	ppm			
irganox 1076	ppm			
168/XR	ppm			
negro-de-fumo	% em peso			
fundição	ppm	1580	1580	1590
CaZnst	ppm			
Znst	ppm			
Yl/3mm	-		-8,0	-8,3
Gel.2-	n/sqm			
Gel.4-	n/sqm			
Gel.7-	n/sqm			
dispersão de WS	-			
dispersão de CB	-			

Tabela 10: Propriedades de materiais de referência

	Exemplo compa- rativo 4	Exemplo compa- rativo 5	Exemplo compa- rativo 6	Exemplo compa- rativo 7	Exemplo compa- rativo 8
Densidade (kg/cm ³)	925	923	931	920	921,5
MFR2 (g/10 min)	0,4	0,4	0,7	0,8	0,7
MFR21 (g/10 min)		40	79	79	46
FRR21/2		100	65	65	68
Circuito					
Temperatura (°C)					85
Pressão - MPa (bar)					5,7 (57)
Relação de H2/C2		330			202
Relação de C4/C2		670			609
MFR2 (g/10 min)		300			290
Densidade (kg/cm ³)		951			950

Divisão		43			43,5
Fase gasosa					
Temperatura (°C)					80
Pressão - MPa (bar)					2 (20)
Relação de H ₂ /C ₂		10			4,4
Relação de C ₄ /C ₂		650			619
MFR2 (g/10 min)					0,7
Densidade (kg/cm ³)		901			897
Divisão		57			56,5

O exemplo comparativo 4 é igual ao exemplo comparativo 5, mas com composição de 15% de LDPE.

Na tabela 11, o peso molecular e a distribuição de peso molecular dos Exemplos 3-5 e Exemplos Comparativos 5 e 8 estão resumidos. Da tabela 11 é evidente que a presença de uma terceira fração nas composições de acordo com a invenção amplia significativamente a distribuição de peso molecular, em comparação com os materiais de referência.

Tabela 11: Peso molecular e distribuição de peso molecular

	Ex. 3	Ex. 4	Ex. 5	Exemplo Comparativo 8	Exemplo Comparativo 5
PM (Mw)	136000	143000	136000	143000	185000
PM _n (Mn)	4330	4480	4220	10100	15000
PM _z (Mz)	808000	940000	901000	612000	
DPM (MWD)	31,6	32	32,3	14,2	12,3

Na tabela 12, é dado o índice pseudoplástico de cisalhamento SHI (2,7/210) de Exemplos 3-5 e Exemplo Comparativo 8.

Tabela 12: Índice pseudoplástico de cisalhamento

Produto	SHI (2,7/210)
Ex. 3	65
Ex. 4	60
Ex. 5	58
Exemplo Comparativo 4	41

Exemplo Comparativo 5	35
Exemplo Comparativo 6	50
Exemplo Comparativo 8	25

Tal como mostrado na tabela 12, as composições de acordo com a invenção têm um índice de thinning de cisalhamento, que excede significativamente o valor do material de referência. Tal como já descrito acima, valores de SHI altos indicam uma distribuição de peso molecular ampla.

- 5 As composições foram submetidas a testes sobre processabilidade e propriedades mecânicas. Os resultados são mostrados e descritos abaixo.

Acabamento de superfície

- O acabamento de superfície foi avaliado visualmente e manualmente na inspeção. Foram observados dois fenômenos diferentes, primeiramente, o acabamento de superfície como tal, mas também o formato do isolamento. A uma velocidade de linha mais alta, ocorreu um formato de onda em alguns dos materiais. O primeiro deveu-se à força da fusão e o segundo deve-se mais ao bombeamento do extrusor e, possivelmente, pode ser corrigido por uma temperatura de fusão mais alta. No entanto, indica uma janela de processamento mais estreita. A experiência prévia é que quanto mais baixa a MFR, tanto melhor é o acabamento de superfície. Embora as composições de acordo com a invenção têm uma MFR muito alta, elas fornecem resultados excelentes a essas velocidades de linha.

Tabela 13: Avaliação de propriedades de superfície

	Velocidade de linha	Ex. 3	Ex. 4	Ex. 5 A2047	Exemplo Comparativo 8	Exemplo Comparativo 6	Exemplo Comparativo 5	Exemplo Comparativo 4
Uniformidade de superfície 0-4 (4 é o melhor)	15	3	3	4	4	3	3	4
	35	4	4	4	4	4	4	4
	70	4	4	4	4	4	4	4
	140	4	4	4	4	4	4	4

Ondulação 1-4 (4 é o melhor)	15	4	4	4	4	4	4	4
	35	4	4	4	4	4	4	4
	70	4	4	4	4	4	4	4
	140	4	4	4	3	3	2	2
Desempenho total, comparado com o Exemplo Comparativo 6		=/+	=/+	+/+	+/=		=/-	+/-

Pressão de fusão

Tal como os Exemplos Comparativos 9, 10, os exemplos 3-5 de acordo com a invenção têm uma pressão de fusão baixa a uma velocidade de linha específica. Com os Exemplos Comparativos 6-7 (isto é, misturas de LLDPE e LDPE), uma tensão de fusão baixa também pode ser obtida. Mas, tal como é 5
mostrado abaixo, nesses materiais tensão de fusão baixa afeta negativamente a resistência à tração, deformação térmica e comportamento de contração.

Nos Exemplos Comparativos 4, 5 e 8, a tensão de fusão é significativamente mais alta.

10 A tensão de fusão como função da velocidade de linha é mostrada na figura 2.

Propriedades mecânicas

As propriedades mecânicas estão resumidas nas tabelas 14 e 15.

Tabela 14: Propriedades mecânicas medidas em placas

Placas	Ex. 3	Ex. 4	Ex. 5	Exemplo Comparativo 8	Exemplo Comparativo 4	Exemplo Comparativo 5	Exemplo Comparativo 6
Alongamento de ruptura (%)	904	907	937	837	808	824,9	810
Resistência à tração de ruptura (MPa)	26,3	28,7	28,5	33,1	31,7	32,5	19,5

15 Os dados da tabela 14 mostram que os exemplos de acordo com a invenção têm boas propriedades mecânicas. Particularmente, ao comparar os

Exemplos 3-5 com o Exemplo Comparativo 6 é evidente que apenas os exemplos de acordo com a invenção têm um equilíbrio aperfeiçoado entre processabilidade (por exemplo, pressão de fusão baixa) e propriedades mecânicas.

Tabela 15: Propriedades mecânicas medidas em cabos

Cabos	Ex. 3	Ex. 4	Ex. 5	Exemplo Comparativo 8	Exemplo Comparativo 4	Exemplo Comparativo 5	Exemplo Comparativo 6
Alongamento de ruptura (%)	597	631	620	576	500	551	527
Resistência à tração de ruptura (MPa)	17,1	17,6	17,3	18,8	17,9	17	17,6

5 Contração

Contração de 24 h foi medida a 23°C e 100°C. Os resultados estão resumidos na tabela 16. Os exemplos de acordo com a invenção mostram um bom desempenho de contração.

Tabela 16: Comportamento de contração

Cabos	Ex. 3	Ex. 4	Ex. 5	E-xem-plo Com para-tivo 4	E-xem-plo Com para-tivo 5	E-xem-plo Com para-tivo 6	E-xem-plo Com para-tivo 8
Contração de 24 h, 23°C (%)	0,15	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0
Contração de 24 h, 100°C (%)	0,34	0,08	0,15	0,45	0,07	0,4	0,01

10 Compatibilidade com compostos de enchimento

Dois testes de compatibilidade foram realizados: aumento de peso e a influência sobre as propriedades mecânicas.

Halteres com 2 mm de espessura de placas comprimidas foram postos em Insojell 3332 por 7 dias. As amostras foram postas em hastes de

alumínio, para permitir livre acesso para a geléia de petróleo por todos os lados. O envelhecimento foi feito a 70°C. Os resultados são mostrados na tabela 17.

Tabela 17: Resultados de testes de compatibilidade

Absorção de geléia

	Ex. 3	Ex. 4	Ex. 5	Exemplo Comparativo 8	Exemplo Comparativo 4	Exemplo Comparativo 5	Exemplo Comparativo 6
Mudança no alongamento de ruptura (%)	-5,6	-2,9	-3,7	-12,2	-9	-8,8	-0,8
Carga de ruptura (%)	-11,4	-10,3	-17,5	-19,0	-15,6	-13,6	-9,1
Aumento de peso de absorção (%)	5,61	5,48	5,84	8,24	7,14	7,26	6,79

- Os materiais preparados em um processo de estágios múltiplos sequencial (isto é, Exemplos 3-5 e Exemplos Comparativos 4, 5 e 8) têm uma mudança mais pronunciada em propriedades mecânicas do que a mistura de LLD-PE/LDPE. Com relação ao aumento de peso de absorção, os exemplos de acordo com a invenção têm os valores mais baixos. Desse modo, considerando os dois efeitos (isto é, mudança em propriedades mecânicas, bem como mudança em peso), os materiais de acordo com a invenção oferecem a melhor conciliação.

Valores de deformação térmica são apresentados na tabela 18.

Tabela 18: Deformação térmica

	Ex. 3	Ex. 4	Ex. 5	Exemplo Comparativo 8	Exemplo Comparativo 4	Exemplo Comparativo 5	Exemplo Comparativo 6
Deformação térmica 4 h a 115°C (%)	14,9	13,1	10,6	10,9	15,4	14,6	65

Temperatura de cristalização

Na tabela 19, estão relacionadas as temperaturas de cristalização dos Exemplos 3-5 e Exemplo Comparativo 5.

Tabela 19: Temperatura de cristalização

	Ex. 1	Ex. 2	Ex. 3	Exemplo Comparativo 5
Temperatura de cristalização (°C)	112,7	112,9	113,3	111,6

- 5 O aumento na temperatura de cristalização é benéfico para processamento, por exemplo, para aplicações de filmes, uma vez que a fração de peso molecular alto (iii) atua como um nucleador, aumentando a cristalização. Isso é vantajoso para as propriedades de resfriamento, depois de processar o artigo.

REIVINDICAÇÕES

1. Cabo de energia ou comunicação, caracterizado pelo fato de que compreende uma camada de invólucro externa, feita de uma composição de polietileno, que compreende uma resina de base que compreende:
 - 5 (A) uma primeira fração de homo- ou copolímero de etileno,
 - (B) uma segunda fração de homo- ou copolímero de etileno, e
 - (C) uma terceira fração de homo- ou copolímero de etileno, em uma quantidade de até 20% em peso da resina de base total, em que a fração (A) tem um peso molecular mais baixo do que a fração (B),
- 10 e a resina de base tem uma distribuição de peso molecular P_M/PM_n de mais de 14, e a fração (C) tem uma MFR_2 de 0,1 g/10 min ou mais baixa.
2. Cabo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a resina de base tem uma distribuição de peso molecular P_M/PM_n de 23 ou mais.
- 15 3. Cabo de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que a resina de base tem uma MFR_{21} de pelo menos 90g/10 min.
4. Cabo de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que a resina de base tem uma MFR_2 de 0,05 a 5
- 20 g/10 min.
5. Cabo de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que a resina de base tem uma MFR_2 de 0,5 a 1,2 g/10 min.
6. Cabo de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5,
- 25 caracterizado pelo fato de que a resina de base tem uma densidade de 0,915 a 0,960 g/cm³.
7. Cabo de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de que a resina de base tem uma densidade de 0,918 a 0,928 g/cm³.
- 30 8. Cabo de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, caracterizado pelo fato de que a resina de base tem uma relação de velocidade de corrente FRR de 50 a 150.

9. Cabo de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8, caracterizado pelo fato de que a resina de base tem uma relação de velocidade de corrente FRR de 80 a 130.

5 10. Cabo de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9, caracterizado pelo fato de que a fração (A) tem uma MFR₂ de 50 a 5000 g/10 min.

11. Cabo de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 10, caracterizado pelo fato de que a fração (A) tem uma densidade de 0,930 a 0,975 g/cm³.

10 12. Cabo de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 11, caracterizado pelo fato de que a fração (A) é um copolímero de etileno com pelo menos uma outra alfa-olefina.

15 13. Cabo de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 12, caracterizado pelo fato de que a fração (B) tem uma MFR₂ de 0,01 a 1 g/10 min.

14. Cabo de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 13, caracterizado pelo fato de que a fração (B) tem uma densidade de 0,880 a 0,930 g/cm³.

20 15. Cabo de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 14, caracterizado pelo fato de que a fração (B) é um copolímero de etileno com pelo menos uma outra alfa-olefina.

16. Cabo de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 15, caracterizado pelo fato de que a fração (C) está presente na resina de base em uma quantidade de 1% em peso a 5% em peso.

25 17. Cabo de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 16, caracterizado pelo fato de que a fração (C) tem uma MFR₂₁ de menos de 1 g/10 min.

30 18. Cabo de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 17, caracterizado pelo fato de que a relação de peso (A):(B) na resina de base é de 40:60 a 60:40.

19. Cabo de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 18, caracterizado pelo fato de que a composição tem um SHI_(2.7/210) de 5 a

300.

20. Cabo de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 19, caracterizado pelo fato de que a resina de base é uma mistura *in-situ*.

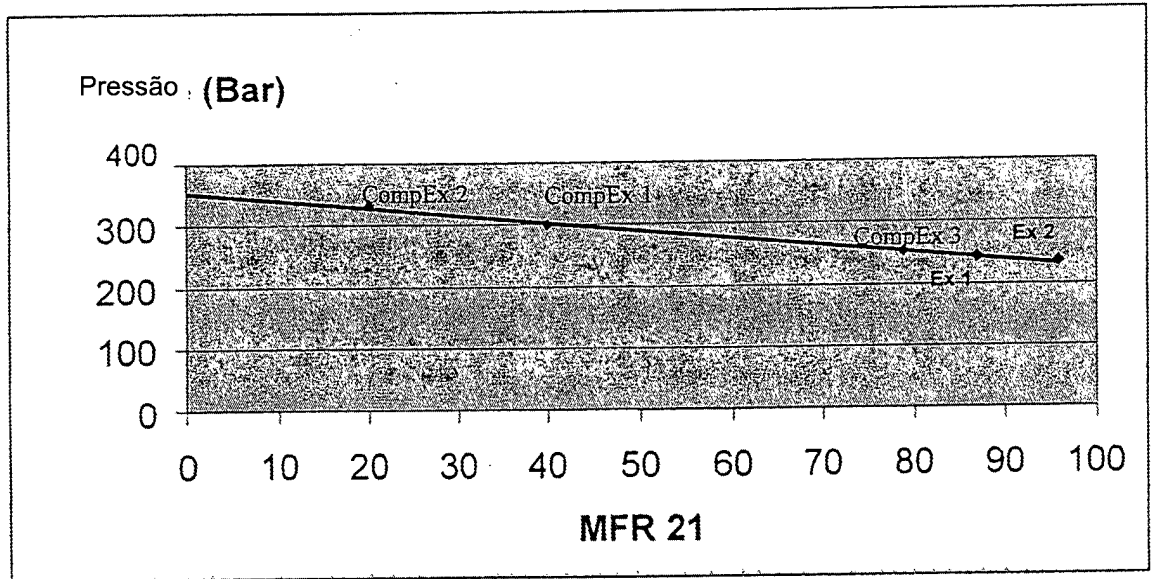
21. Uso de uma composição de polietileno que compreende uma
5 resina de base que compreende

(A) uma primeira fração de homo- ou copolímero de etileno, e

(B) uma segunda fração de homo- ou copolímero de etileno,

em que a fração (A) tem um peso molecular mais baixo do que a fração (B),
e a resina de base tem uma distribuição de peso molecular P_M/PM_n de mais
10 de 14, o referido uso sendo caracterizado pelo fato de ser para a produção
de uma camada de invólucro externa de um cabo de energia ou comunicação.

Fig.1: Pressão do Extrusor como função de MFR21



RESUMO

Patente de Invenção: "**CABO DE ENERGIA OU COMUNICAÇÃO E USO DE UMA COMPOSIÇÃO DE POLIETILENO**".

5 A presente invenção refere-se a um cabo de energia ou comunicação, que compreende uma camada de invólucro externa, feita de uma composição de polietileno, que compreende uma resina de base que compreende

(A) uma primeira fração de homo- ou copolímero de etileno, e

(B) uma segunda fração de homo- ou copolímero de etileno,

10 em que a fração (A) tem um peso molecular mais baixo do que a fração (B), e a resina de base tem uma distribuição de peso molecular P_M/PM_n de mais de 14.