



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

(21) **PI0901444-6 A2**

(22) Data de Depósito: 18/05/2009
(43) Data da Publicação: 18/01/2011
(RPI 2089)



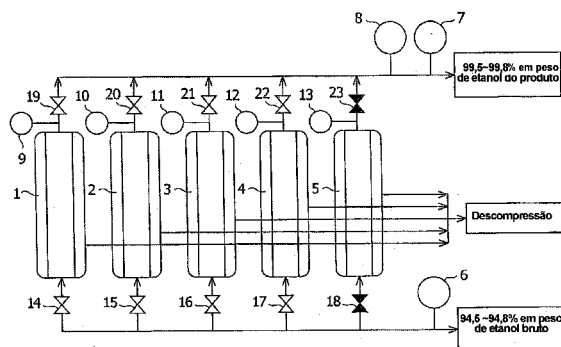
(51) *Int.Cl.:*
B01D 71/06

(54) Título: **SISTEMA DE DESIDRATAÇÃO**

(73) Titular(es): Mitsubishi Heavy Industries, LTD.

(72) Inventor(es): Atsuhiro Yukumoto, Haruaki Hirayama, Hiroyuki Osora, Shinji Ogino, Yoshio Seiki, Yukio Tanaka

(57) **Resumo:** SISTEMA DE DESIDRATAÇÃO Um sistema de desidratação é designado para manter a disponibilidade de uma planta tendo o sistema de desidratação que usa uma membrana de separação de água permitindo uma unidade de membrana de separação de água ser substituída ao mesmo tempo em que a planta está em operação. O sistema de desidratação compreende pelo menos duas unidades de membrana de separação de água em uso dispostas paralelas à direção de fluxo de um fluido a ser processado, é configurado de forma que pelo menos uma unidade de membrana de separação de água de reserva possa ser instalada paralela à direção de fluxo do fluido a ser processado com respeito a pelo menos duas unidades de membrana de separação de água, tendo dispositivos de monitoramento para o fluido de produto a ser tirado, e mantém as propriedades do fluido de produto operando a unidade de membrana de separação de água de reserva dependendo das propriedades do fluido de produto monitorado pelos dispositivos de monitoramento.



"SISTEMA DE DESIDRATAÇÃO"

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

Campo da Invenção

5 A presente invenção se refere a um sistema de desidratação que usa uma membrana de separação de água, e mais especificamente se refere a um sistema de desidratação designado para lidar adequadamente com a degradação da membrana de separação de água na desidratação de uma mistura de água e etanol ou propanol tendo uma composição azeotrópica com água, a seguir referido como um fluido a ser processado.

Descrição da Técnica Relacionada

10 Etanol tem chamado atenção como uma fonte de energia alternativa para substituir óleo e tem um tamanho de mercado estimado em 55.000,000 kL em 2010. Porém, para usar etanol como um combustível, o etanol deve ser desidratado a pelo menos 99,5% em peso após a destilação e purificação de um produto bruto obtido de uma fonte de biomassa tal como milho.

15 Para desidratação, uma solução aquosa diluída de etanol foi tradicionalmente concentrada próximo ao ponto azeotrópico do sistema de etanol/água por destilação da solução em uma coluna de destilação e em seguida isto foi desidratado.

20 Há uma técnica de desidratação que adiciona um carregador e desidrata através de destilação azeotrópica. Porém, esta técnica tem algumas desvantagens; tais como uma quantidade enorme de energia térmica requerida por causa de uma etapa que submete um sistema ternário a destilação de azeotrópica e recupera o carregador.

25 Além disso, também há uma técnica de desidratação na qual múltiplos recipientes de peneira molecular são dispostos em paralelo e mudanças são feitas entre eles em uma base de batelada para desidratação. Porém, esta técnica também tem o problema de consumo de energia alto requerido para a regeneração de recipientes de peneira moleculares.

Desse modo, o uso de um elemento sem as desvantagens acima, tal como uma membrana de separação de água, foi considerado (Pedido de Patente Japonês depositado em aberto 58-21629).

30 Porém, se a pervaporização (PV) usando uma unidade de membrana de separação de água que compreende uma membrana de separação de água é adotada, a unidade de membrana de separação de água tipicamente tem uma vida útil de cerca de 2 anos e requer substituição anual de todas as membranas de separação de água. A unidade de membrana de separação de água tem o problema de disponibilidade reduzida da planta que usa a unidade por causa do tempo de manutenção inevitável da planta durante a substituição.

35 A presente invenção foi feita devido às circunstâncias acima e foi tida como um objeto que fornece um sistema de desidratação designado para manter a disponibilidade de uma planta equipada com um sistema de desidratação que usa uma membrana de separa-

ção de água permitindo-se que as unidades de membrana de separação de água sejam substituídas ao mesmo tempo em que a planta está em operação.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

5 Para alcançar o objeto, a presente invenção fornece um sistema de desidratação que separa a água de um fluido a ser processado, em que o sistema de desidratação compreende pelo menos duas unidades de membrana de separação de água em uso dispostas em paralelo à direção de fluxo do fluido a ser processado; o sistema de desidratação é configurado de modo que pelo menos uma unidade de membrana de separação de água possa ser instalada paralela à direção do fluxo do fluido a ser processado com respeito a pelo menos duas unidades de membrana de separação de água; o sistema de desidratação compreende um dispositivo de monitoramento para um fluido do produto a ser retirado; e o sistema de desidratação mantém as propriedades do fluido do produto operando-se as unidades de membrana de separação de água de reserva dependendo das propriedades do fluido do produto monitorado pelo dispositivo de monitoramento.

15 No sistema de desidratação de acordo com a presente invenção, o fluido a ser processado é geralmente uma solução aquosa orgânica. O componente orgânico do qual é preferivelmente um componente orgânico selecionado do grupo que consiste em álcoois tais como etanol, propanol, isopropanol, e glicol, ácidos carboxílicos tais como ácido acético, éteres tais como éter de dimetila e éter de dietila, aldeídos tais como acetaldeído, cetonas tais como acetona e cetona de etila de metila, e ésteres tais como acetato de etila.

20 Uma modalidade do sistema de desidratação de acordo com a presente invenção compreende um fluxômetro que monitora a concentração do componente orgânico do fluido do produto a ser tirado do sistema de desidratação inteiro como o dispositivo de monitoramento para o fluido de produto.

25 Outra modalidade do sistema de desidratação de acordo com a presente invenção compreende um fluxômetro que monitora a concentração do componente orgânico do fluido do produto a ser tirado de cada das unidades de membrana de separação de água como o dispositivo de monitoramento para o fluido de produto, em que o fluxômetro está instalado em cada das unidades de membrana de separação de água.

30 Ainda outra modalidade do sistema de desidratação de acordo com a presente invenção compreende um termômetro que monitora a temperatura do fluido do produto a ser tirado de cada das unidades de membrana de separação de água como o dispositivo de monitoramento para o fluido do produto.

35 A presente invenção fornece um sistema de desidratação designado para manter a disponibilidade de uma planta equipada com um sistema de desidratação que usa uma membrana de separação de água permitindo-se que uma unidade de membrana de separação de água seja substituída ao mesmo tempo em que a planta está em operação.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

FIG. 1 é uma vista esquemática que ilustra uma modalidade do sistema de desidratação de acordo com a presente invenção.

Descrição de Numerais de Referência

- 5 1 a 5: Unidades de membrana de separação de água
 6: Fluxômetro de entrada
 7: Fluxômetro de saída
 8: Fluxômetro de saída
 9, 10, 11, 12, e 13: Fluxômetros Individuais.

10 DESCRIÇÃO DETALHADA DA MODALIDADE PREFERIDA

O sistema de desidratação de acordo com a presente invenção será descrito em detalhes com referência a uma modalidade.

FIG. 1 é uma modalidade do sistema de desidratação de acordo com a presente invenção. O sistema de desidratação de acordo com a modalidade assume que o fluido a ser processado para desidratação é etanol bruto. É assumido que este etanol bruto é uma solução aquosa que tem uma concentração de etanol de 94,5% em peso a 94,8% em peso (ambos inclusivos). Em outras palavras, o etanol contendo etanol bruto como o componente orgânico é considerado ser o fluido a ser processado. O fluido do produto final, isto é, etanol do produto (etanol absoluto), tem uma concentração de etanol de 99,5% em peso a 99,8% em peso (ambos inclusivos).

O sistema de desidratação de acordo com a modalidade 100 consiste principalmente em unidades de membrana de separação de água 1 a 5, um fluxômetro de entrada 6, um fluxômetro de saída 7, fluxômetro de saída 8, e fluxômetros individuais 9 a 13. O sistema de desidratação também tem válvulas de entrada 14 a 18 e válvulas de saída 19 a 23 para as unidades de membrana de separação de água 1 a 5.

As unidades de membrana de separação de água 1 a 5 são unidades para separar o etanol bruto em etanol absoluto e água. A membrana de separação de água como um constituinte das unidades de membrana de separação de água é preferivelmente uma membrana de separação de água inorgânica de sílica ou zeólito que tem um tamanho de poro de 10 angströms ou menos. A membrana de separação de água também pode ser uma membrana de carbono.

Além disso, a membrana de separação de água inorgânica de acordo com a Patente Japonesa No. 2808479 também é aplicável. Esta membrana de separação de água inorgânica é uma membrana de separação de compósito resistente ao ácido, obtida suportando-se a sílica gel obtida através de hidrólise de alcóxissilano que contém um grupo etóxi ou um grupo metóxi nos poros de um corpo poroso inorgânico, que pode ser produzido por um processo de produção incluindo as seguintes etapas 1 a 11.

O substrato poroso descrito abaixo geralmente é um substrato cerâmico tal como alumina, sílica, zircônia, ou titânia, e preferivelmente um substrato cilíndrico que tem múltiplos tubos internos tendo um perfil circular na direção longitudinal. Nas seguintes etapas 1 a 11, uma membrana de separação de água inorgânica é formada para cobrir a parede interna de todos estes tubos internos. Isto é, o significado da frase "suportar sílica gel obtida através de hidrólise de alcoxissilano contendo um grupo etóxi ou um grupo metóxi nos poros de um corpo poroso inorgânico".

Uma membrana tal como uma membrana de álcool polivinílico, uma membrana de poliimida, e uma membrana de poliamida podem ser usadas como a membrana de separação de água além das membranas de separação de água inorgânicas. Estas membranas orgânicas também alteram com o passar do tempo e são aplicáveis à presente invenção.

Etapa 1: Em condições de preparação para múltiplas soluções de sílica produzidas variando-se a relação de mistura de alcoxissilano, água, e um catalisador ácido como as matérias-primas da solução de sílica, as relações de mistura das matérias-primas da solução de sílica a ser suportada são divididas em dois tipos: uma para solução de sílica 1 e a outra para solução de sílica 2.

Etapa 2: O peso de água relativo ao peso de alcoxissilano como uma das matérias-primas de solução de sílica 1 é 0,5 a 2,0 (ambos inclusivos), considerando que o peso de um catalisador de ácido como um catalisador de reação relativo ao peso de alcoxissilano é 0,01 a 0,1 (ambos inclusivos).

Etapa 3: O peso de água relativo ao peso de alcoxissilano como uma das matérias-primas de solução de sílica 2 é 2.0 a 50 (ambos inclusivos), considerando que o peso de um catalisador de ácido como um catalisador de reação relativo ao peso de alcoxissilano é 0,01 a 0,5 (ambos inclusivos).

Etapa 4: Ao mesmo tempo em que as matérias-primas de solução de sílica 1 são mantidas em ebulição, as soluções aproximadamente 25, 20, e 15 minutos após o começo da ebulição são definidas como solução 1-A, solução 1-B, e solução 1-C, respectivamente.

Etapa 5: As matérias-primas de solução de sílica 2 são agitadas e misturadas em temperatura ambiente durante 30 a 90 minutos para produzir solução de sílica 2.

Etapa 6: Após a solução 1-UMA de solução de sílica ser suportada na superfície de um substrato poroso, o substrato poroso é queimado em um forno elétrico ajustado em cerca de 200°C durante 5 a 15 minutos (ambos inclusivos), em seguida em cerca de 300°C durante 5 a 15 minutos (ambos inclusivos), em seguida cerca de 400°C durante 5 a 15 minutos (ambos inclusivos), e finalmente em cerca de 500°C durante 5 a 15 minutos (ambos inclusivos).

Etapa 7: Após a solução 1-A de solução de sílica também ser suportada na superfície do substrato poroso no qual a solução 1-A de solução de sílica foi suportada, a operação da etapa 6 acima é repetida duas ou três vezes.

Etapa 8: Em seguida, após a solução 1-B de solução de sílica também ser suportada na superfície do substrato poroso no qual a solução 1-A de solução de sílica foi apoiada, o mesmo processo como nas etapas 6 e 7 acima é realizado.

5 Etapa 9: em seguida, após a solução 1-C de solução de sílica também ser suportada na superfície do substrato poroso no qual a solução 1-B de solução de sílica foi suportada, o mesmo processo como nas etapas 6 e 7 acima é realizado.

10 Etapa 10: Em seguida, após a solução 2 de solução de sílica também ser suportada na superfície do substrato poroso no qual as soluções 1-A, 1-B e 1-C de solução de sílica foram suportadas, o substrato poroso é queimado em um forno elétrico ajustado em cerca de 200°C durante 5 a 15 minutos (ambos inclusivos), em seguida em cerca de 300°C durante 5 a 15 minutos (ambos inclusivos), em seguida em cerca de 400°C durante 5 a 15 minutos (ambos inclusivos), e finalmente em cerca de 500°C durante 5 a 15 minutos (ambos inclusivos).

15 Etapa 11: Após a solução 2 de solução de sílica também estar na superfície do substrato poroso no qual a solução 2 de solução de sílica foi suportada, a operação da etapa 10 acima é repetida duas ou três vezes.

Um substrato poroso cilíndrico que suporta uma membrana de separação de água inorgânica em cada dos tubos internos deste (cobrindo cada tubo interno com uma membrana de separação de água inorgânica) pode ser obtido através das etapas 1 a 11 acima. Na presente invenção, um tal substrato, por exemplo, é empregado como uma membrana de separação de água construída em cada das unidades de membrana de separação de água 1 a 5, cada das quais tem uma tal membrana de separação de água construída em um recipiente que pode ser descomprimido.

25 O etanol bruto é pré-aquecido em cerca de 90°C por um permutador de calor (não mostrado na figura). O etanol bruto flui através dos tubos internos da membrana de separação de água porque as unidades de membrana de separação de água 1 a 5 são designadas de forma que o etanol bruto seja introduzido pelo fluxômetro de entrada 6 e válvulas de entrada 14 a 18 nas unidades por bombas (não mostradas na figura). A água é separada do etanol bruto descomprimindo-se a membrana de separação de água. O etanol do qual a água foi separada é tirado como etanol do produto pelas válvulas de saída 19 a 23 e em seguida pelo fluxômetro de saída 8 e pelo fluxômetro de saída 7. As concentrações de saída das unidades de membrana de separação de água 9 a 13 são monitoradas pelos densímetros individuais 9 a 13.

35 O sistema de desidratação de acordo com a presente modalidade 100 somente usa as unidades de membrana de separação de água 1 a 4, por exemplo, na operação inicial. As taxas totais de fluxo dentro e fora das unidades de membrana de separação de água 1 a 4 são monitoradas pelo fluxômetro de entrada 6 e o fluxômetro de saída 7. O fluxômetro de saída 7 monitora a concentração de etanol do etanol de produto para verificar que a concentra-

ção é mantida em ou acima do ponto de fixação desejado. Ao mesmo tempo, os fluxômetros individuais 9 a 12 monitoram as concentrações de saída das unidades de membrana de separação de água 1 a 4. Por outro lado, a unidade de membrana de separação de água 5 é uma unidade de membrana de separação de água de reserva e não é operada na operação inicial.

As membranas de separação de água geralmente degradam quando elas são empregadas. Quando as características de quaisquer das unidades de membrana de separação de água 1 a 4 degradam, a unidade de membrana de separação de água de reserva 5 é operada por uma técnica como descrito abaixo.

(1) Das unidades de membrana de separação de água 1 a 4, a taxa de fluxo da unidade cujas características degradaram é reduzida. Qualquer degradação característica é detectada por concentrações medidas pelos densímetros individuais 9 a 12. O densímetro de saída 8 monitora a concentração do etanol de produto para verificar que a concentração está em ou acima do ponto de fixação desejado. Quando o fluxômetro de saída 7 mostra que somente uma taxa de fluxo de etanol de produto abaixo do ponto de fixação pode ser mantida após a taxa de fluxo ser reduzida, a unidade de membrana de separação de água de reserva 5 é operada para manter a taxa de fluxo do etanol de produto.

Tal controle pode ser realizado automaticamente por uma unidade de controle (não mostrada na figura).

Além disso, por outro lado, a válvula de saída e válvula de entrada da unidade de membrana de separação de água, que estiver operando pior, é fechada para parar a operação da unidade. Em seguida, a unidade de membrana de separação de água cuja operação foi parada é substituída com uma unidade de membrana de separação de água fresca. A unidade de membrana de separação de água substituída é colocada em estado de reserva como uma unidade de membrana de separação de água de reserva fresca. O desempenho do sistema de desidratação pode ser mantido seguindo o procedimento anterior sem parar a operação deste.

(2) A técnica descrita em (1) acima também torna possível operar a unidade de membrana de separação de água de reserva 5 e parar a operação da unidade de membrana de separação de água da qual as características degradaram para conduzir a substituição das unidades sem qualquer controle tal como reduzindo a taxa de fluxo da unidade degradada.

(3) Na operação inicial, é também possível adequadamente reduzir a taxa de fluxo das unidades de membrana de separação de água 1 a 4 sem empurrar as taxas de fluxo para o limite e controlar a taxa de fluxo de saída total dependendo das alterações nas características das unidades de membrana de separação de água.

Também é possível começar a operar uma unidade de membrana de separação de

água de reserva anualmente, por exemplo, e substituir quaisquer das outras unidades de membrana de separação de água sem instalar os densitômetros separados 9 a 13. Se a FIG. 1 é empregada como um exemplo, as unidades de membrana de separação de água 1 a 4 foram paradas e todas substituídas pelo menos uma vez a cada 2 anos.

5 Não é virtualmente nenhum problema começar a operar uma unidade de membrana de separação de água de reserva fresca e substituir uma unidade de membrana de separação de água uma vez por ano. Neste caso, o número de unidades a serem substituídas é metade, tantas quanto antes. Para substituição a cada 6 meses, o número de unidades a serem substituídas é igual ao anterior porque o número de todas as unidades em operação
10 é quatro. Em qualquer caso, não há nenhuma necessidade de parar a operação do sistema de desidratação inteiro.

Além disso, o número de unidades de membrana de separação de água em uso e o número de unidades de membrana de separação de água de reserva não são limitados aos números mostrados pela modalidade na FIG. 1.

15 Mais especificamente, se um sistema compreende pelo menos duas unidades de membrana de separação de água em uso dispostas paralelas à direção de fluxo do fluido a ser processado e é configurado de forma que pelo menos uma unidades de membrana de separação de água de reserva possa ser instalada paralela à direção de fluxo do fluido a ser processado com respeito a pelo menos duas unidades de membrana de separação de água,
20 o sistema pode ser configurado como o sistema de desidratação de acordo com a presente invenção.

No sistema de desidratação de acordo com a presente invenção, um termômetro para monitorar a temperatura do fluido de produto tirado de cada das unidades de membrana de separação de água 1 a 5 também pode ser instalado na saída e entrada (pelo menos
25 na saída) de cada uma das unidades de membrana de separação de água 1 a 5 como um dispositivo de monitoramento para o fluido de produto com um densitômetro ou em vez de um densitômetro.

Se uma membrana de sílica for empregada como a membrana de separação de água, a dissolução de sílica degrada o desempenho da membrana de separação de água.
30 Isto permite etanol e água penetrarem juntos através da membrana, aumenta o calor latente do fluido, e diminui a temperatura de saída. Por exemplo, se normalmente o fluido flui na unidade a 90°C e fora da unidade a 40°C, a temperatura de saída pode ser também reduzida. Neste caso, a diminuição na temperatura é considerada ser devido à degradação, e a taxa de fluxo é reduzida e uma unidade de membrana de separação de água de reserva é
35 operada quando necessário.

Além disso, os poros de uma membrana de separação de água podem ser obstruídos com ferrugem de ferro, material adesivo, ou material sólido. Isto aumenta a temperatura

de saída. Se normalmente o fluido flui para fora da unidade a 40°C, a temperatura de saída pode não ser reduzida para temperatura. Neste caso, o aumento na temperatura é considerado ser devido à degradação, e a taxa de fluxo é reduzida e uma unidade de membrana de separação de água de reserva é operada quando necessário.

- 5 Na modalidade na FIG. 1, um fluido a ser processado contendo etanol como o componente orgânico será desidratado. No sistema de desidratação de acordo com a presente invenção, porém, o fluido a ser processado não é limitado a um tal fluido se o fluido for uma solução aquosa orgânica. Mais especificamente, o componente orgânico da solução
- 10 grupo que consiste em álcoois tais como etanol, propanol, isopropanol, e glicol, ácidos carboxílicos tais como ácido acético, éteres tais como éter de dimetila e éter de dietila, aldeídos tais como acetaldeído, cetonas tais como acetona e cetona de etila de metila, e, ésteres tais como acetato de etila.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema de desidratação que separa água de um fluido a ser processado, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

5 pelo menos duas unidades de membrana de separação de água em uso dispostas paralelas à direção de fluxo do fluido a ser processado;

pelo menos uma unidade de membrana de separação de água de reserva que é instalada paralela à direção de fluxo do fluido a ser processado com respeito a pelo menos duas unidades de membrana de separação de água; e

10 um dispositivo de monitoramento para um fluido de produto a ser tirado; em que o sistema de desidratação mantém as propriedades do fluido de produto operando as unidades de membrana de separação de água de reserva dependendo das propriedades do fluido de produto monitorado pelo dispositivo de monitoramento.

2. Sistema de desidratação, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o fluido a ser processado é uma solução aquosa orgânica.

15 3. Sistema de desidratação, de acordo com a reivindicação 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o componente orgânico da solução aquosa orgânica é solúvel em água e é um componente orgânico selecionado a partir do grupo que consiste em álcoois tais como etanol, propanol, isopropanol, e glicol, ácidos carboxílicos tais como ácido acético, éteres tais como éter de dimetila e éter de dietila, aldeídos tais como acetaldeído, cetonas tais como acetona e cetona de etila de metila, e ésteres tais como acetato de etila.

20 4. Sistema de desidratação, de acordo com reivindicação 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende um densitômetro que monitora a concentração do componente orgânico do fluido de produto a ser tirado do sistema de desidratação inteiro como o dispositivo de monitoramento para o fluido de produto.

25 5. Sistema de desidratação, de acordo com a reivindicação 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende um densitômetro que monitora a concentração do componente orgânico do fluido de produto a ser tirado de cada das unidades de membrana de separação de água como o dispositivo de monitoramento para o fluido de produto, em que o densitômetro é instalado em cada uma das unidades de membrana de separação de água.

30 6. Sistema de desidratação, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende um termômetro que monitora a temperatura do fluido de produto ser tirado de cada das unidades de membrana de separação de água como o dispositivo de monitoramento para o fluido de produto.

RESUMO

"SISTEMA DE DESIDRATAÇÃO"

Um sistema de desidratação é designado para manter a disponibilidade de uma planta tendo o sistema de desidratação que usa uma membrana de separação de água permitindo uma unidade de membrana de separação de água ser substituída ao mesmo tempo em que a planta está em operação. O sistema de desidratação compreende pelo menos duas unidades de membrana de separação de água em uso dispostas paralelas à direção de fluxo de um fluido a ser processado, é configurado de forma que pelo menos uma unidade de membrana de separação de água de reserva possa ser instalada paralela à direção de fluxo do fluido a ser processado com respeito a pelo menos duas unidades de membrana de separação de água, tendo dispositivos de monitoramento para o fluido de produto a ser tirado, e mantém as propriedades do fluido de produto operando a unidade de membrana de separação de água de reserva dependendo das propriedades do fluido de produto monitorado pelos dispositivos de monitoramento.