

PRODUÇÃO DE FIBRAS ÓPTICAS POLIMÉRICAS POR EXTRUSÃO APLICANDO O PRINCÍPIO DA ANÁLISE DE FLUXO DE MATERIAIS

Luan Artelino Lemos Madeira Araújo, luan_48@hotmail.com

Universidade Estadual do Maranhão
Rua 41, nº19, Jardim São Cristóvão – São Luís – MA

Jacyeude de Moraes Passos Araújo Segundo, jacyeudearaujo@hotmail.com

Universidade Estadual do Maranhão
Av.M, nº39, Radional - São Luís -MA

RESUMO: As fibras ópticas fizeram um dos mais importantes avanços das tecnologias de informação e comunicação ou TIC. As múltiplas vantagens em relação às transmissões com cabos convencionais permitiram evoluções em diversos aspectos no que diz respeito a esse material. Com base nisso o presente artigo se volta para o sistema de produção atual de fibras ópticas poliméricas, buscando melhorias significativas tanto em relação a custo benefício quanto à qualidade final do produto. Ademais, o trabalho utiliza-se da análise de fluxos de materiais MFA e \permite abranger e analisar, de forma sistemática e exaustiva, a complexidade de processos e cadeias de processos, bem como a avaliação de tecnologias e o estudo de impactos ambientais expectáveis de medidas que interferem num determinado sistema.

PALAVRAS-CHAVE: fibra óptica, tecnologias de informação e comunicação, análise de fluxo de materiais

ABSTRACT: *Optical fibers made one of the most important advances in telecommunications. The many advantages compared to conventional cables transmissions allowed developments in various aspects with regard to this material. Based on that this article turns to the current system of production of polymer optical fibers, seeking significant improvements both in terms of cost benefit on the final product quality. Moreover, the work is used the analysis of material flows and allows MFA cover and analyze in a systematic and comprehensive way, the complexity of processes and process chains, as well as evaluation of technologies and the study of environmental impacts expected from measures interfere in a particular system.*

Keywords: *optical fibers, information and communication technologies, analysis of material flows*

INTRODUÇÃO

A comunicação é uma necessidade e algo que está presente na vida do ser humano desde os tempos mais remotos. Trocar informações, registrar fatos, expressar ideias e emoções são fatores que contribuiram para a evolução das formas de se comunicar. Assim, com o passar do tempo, o homem aperfeiçoou sua capacidade de se relacionar.

Nesse sentido, conforme as necessidades surgiram, o homem lançou mão de sua capacidade racional para desenvolver novas tecnologias e mecanismos para a comunicação. Conceitua-se tecnologia como tudo aquilo que leva alguém a evoluir, a melhorar ou a simplificar.

Atualmente, os sistemas de informação e as redes de computadores têm desempenhado um papel importante na comunicação corporativa, pois é através dessas ferramentas

que a comunicação flui sem barreira. Segundo Lévy (1999), novas maneiras de pensar e de conviver estão sendo elaboradas no mundo das telecomunicações e da informática. As relações entre os homens, o trabalho, a própria inteligência depende, na verdade, da metamorfose incessante de dispositivos informacionais de todos os tipos. Escrita, leitura, visão, audição, criação e aprendizagem são capturadas por uma informática cada vez mais avançada. A tecnologia existente para realizar esta tarefa não só acompanhou esta demanda como também foi responsável por modificar o padrão convencional, aumentando exponencialmente a velocidade de transferência de dados e ampliando o seu alcance através das formas móveis, as chamadas redes sem fio.

O surgimento da Fibra Ótica veio alavancar uma grande evolução no sistema de comunicação. Através disso, todas as novas tecnologias de comunicação, de um modo geral, têm adotado as fibras óticas como suporte básico de comunicação, de maneira a melhorar a transmissão de dados, de uma maneira mais rápida e mais segura. Essa transmissão se dá através da propagação da luz. A capacidade de transmissão depende essencialmente da estrutura da fibra. O material com que ela é feita determina as frequências ou comprimentos de onda e os níveis de atenuação impostas à fibra.

As vantagens da utilização da fibra ótica em relação a cabos metálicos são as seguintes: imunidade a interferências, grande capacidade de transmissão, ausência de ruídos, isolamento elétrica, pequeno tamanho e peso, sigilo de comunicação. Além disso, a sua utilização permitiu melhorias em diversos tipos de equipamentos e procedimentos produtivos correlatos, especialmente na ciência ótica, mecânica e química. Com sua consolidação como meio de transmissão, a fibra ótica passou a ser foco de diversos estudos, em sua maioria propondo alteração de processos produtivos. Ao longo desse trabalho será possível conhecer um pouco mais sobre essa tecnologia, de uma maneira prática e objetiva, demonstrando possíveis melhorias, além de analisar as alterações dos processos produtivos com a utilização da análise de fluxo de materiais.

O FUTURO DAS TELECOMUNICAÇÕES E SEUS DESAFIOS

A necessidade pelo dinamismo na troca de informações, com rapidez e eficiência fez crescer a evolução tecnológica no que diz respeito a transferência de dados. A evolução do mercado das telecomunicações mostra-nos que a necessidade de largura de banda não vai abrandar, antes pelo contrário vai crescer exponencialmente. As pessoas, cada vez mais, estão utilizando a banda larga para consumir serviços como: vídeo HD, Cloudcomputing e jogos online, entre outros. Esses serviços necessitam de simetria de largura de banda (download e upload), que é bem assegurado pelas Redes Fiber-to-the-Home (FTTH). Fiber-to-the-Home é uma tecnologia de interligação de residências através de fibras óticas para o fornecimento de serviços de TV digital, rádio digital, acesso à internet e telefonia. A fibra ótica é levada até as residências, em substituição aos cabos de cobre ou cabos coaxiais. As residências são conectadas a um ponto de presença da operadora de serviços de telecomunicações. FTTH é a tecnologia banda larga para o mercado de massa do futuro. O FTTH possibilitará o transporte simultâneo de uma série de serviços, tais como Internet com acesso muito mais rápido, telefonia e televisão, através de uma única fibra ótica. Com o FTTH, a rede de acesso será baseada na fibra e capaz de prover velocidades a partir de 100Mb/s, chegando a até 40Gb/s.

Outra grande tendência é o surgimento de redes óticas autoconscientes que são, em outros termos, sistemas óticos de comunicação capazes de identificar alterações de capacidade e de fluxo em sua própria estrutura. Uma rede autoconsciente é um sistema informático-computacional regido por um algoritmo complexíssimo, que é dotado de tamanha capacidade e potência aplicativa em termos de processamento e lógica computacional, que, além de ser sensível ao seu próprio funcionamento técnico, ou seja, capaz de otimizar suas fontes de dados de maneira mais viável e econômica durante os processos demandados, adquire uma sensibilidade tal devido a seus sofisticados sistemas de processamento que é capaz até de uma espécie de auto percepção de si mesmo e de seus funcionamentos e rotinas de trabalho mais elementares, e, por consequência, são capazes também de tomar decisões.

Com isso, é possível a autocorreção da frequência e do comprimento de onda dos feixes de luz ultravioleta lançados no interior das fibras ópticas, permitindo multidirecionalidade e maior flexibilidade na troca de informações, tornando também emissores os equipamentos que hoje atuam somente como receptores.

A evolução histórica nas vendas de serviços de internet banda larga fixa tem mantido a tendência crescente em alguns dos principais países que a utilizam, bem como naqueles países que estão em fase de desenvolvimento de infraestrutura com grande potencial de gerar demanda futura. Isto faz com que seja cada vez maior o percentual da população com acesso à internet e, ainda assim há uma grande parcela da população destes países caracterizando demanda ociosa. Muito embora esta gradativa migração das comunicações do meio físico para o meio sem fio (wireless) tenha sido significativa na última década, a infraestrutura de longa distância ainda dependerá substancialmente de sistemas ópticos de comunicação pelas próximas décadas, uma vez que estes sistemas são o elo físico entre as soluções sem fio não cobertas por satélites.

Com base nisso, é fato que a TI é um setor altamente tecnológico e dinâmico. Os materiais utilizados precisam suprir esta demanda, impactando fortemente os processos produtivos, que precisam de constantes aperfeiçoamentos e adaptações. Além das exigências tecnológicas, como em qualquer outro setor, as pressões econômicas e ambientais também são constantes, frutos de um mercado produtivo cada vez mais competitivo e de consumidores cada vez mais conscientes. Neste contexto, a metodologia da Análise de Fluxo de Materiais (*Material Flow Management*, ou MFA) surge como uma ferramenta de grande valia para auxiliar o controle e a pesquisa por melhorias no processo produtivo.

AS FIBRAS ÓPTICAS

Os primeiros experimentos utilizando fibra óptica ocorreram em 1930 na Alemanha, mas as pesquisas sobre as características tiveram início por volta de 1950. O princípio de funcionamento é simples, a luz se propaga no interior de uma fibra óptica fundamentada na reflexão total da luz.

Quando um raio de luz se propaga em um meio cujo índice de refração é n_1 (núcleo) e atinge a superfície de outro meio com índice de refração n_2 (casca), onde $n_1 > n_2$, e desde que o ângulo de incidência (em relação à normal) seja maior ou igual ao ângulo crítico, ocorrerá o que é denominado de reflexão total, do que resulta o retorno de raio de luz ao meio com índice de refração n_1 .

A luz é injetada na fibra por uma de suas extremidades sob um cone de aceitação, em que este determina o ângulo por que o feixe de luz deverá ser injetado, para que ele possa se propagar ao longo da fibra óptica.

A composição básica de fibras ópticas é de materiais dielétricos com uma estrutura cilíndrica, geralmente Óxido de Silício (SiO_2), dopado com Germânio, Fósforo e Alumínio para aumentar seu índice de refração, composta de uma região central, que denominamos núcleo, que é por onde a luz trafega, e uma região periférica, denominada casca, que envolve completamente o núcleo. As dimensões vão variar conforme o tipo da fibra, podendo ser de 8 micrometros até 200 micrometros, e a casca de 125 micrometros até 240 micrometros. As Fibras Ópticas caracterizam-se por operarem em Regiões Espectrais onde a atenuação é mínima. Essas Regiões, conhecidas como Janelas de Transmissão, situam-se em torno dos comprimentos de onda de 850nm, 1300nm e 1550nm.

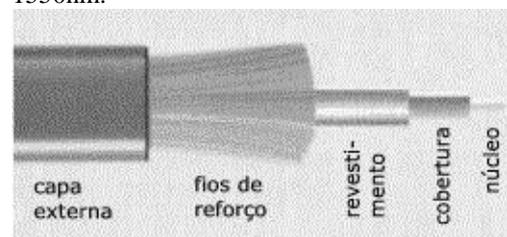


Fig.1 Cabo singelo típico

Cabos singelos de fibra óptica são parecidos com os cabos coaxiais comuns sem a blindagem metálica. Ela pode ser feita de plástico ou de vidro, revestida por um material com baixo índice de refração. Além disto, são envolvidas por um revestimento de plástico, uma malha para reforço mecânico e uma capa externa.

Dentre as diversas matérias-primas utilizadas nas fibras ópticas derivadas de polímeros plásticos, o acrílico é o mais comum, pois tende a ser mais flexível e menos suscetível

a danos mecânicos. Apesar de ainda serem menos eficientes na transmissão de dados se comparadas às fibras vítreas, mostram-se como alternativas menos custosas para redes de curta e média distância, competindo inclusive com sistemas tradicionais compostos de cabos de cobre. Outra vantagem frente às fibras vítreas, que exigem equipamentos de corte dotados de lâminas de diamante, uma fibra polimérica pode ser cortada com um estilete, o que facilita e reduz custos de instalação e manutenção.

Outro fator importante que diferencia as fibras ópticas em função de sua estrutura é a sua capacidade de minimizar a atenuação – perda de qualidade do pulso luminoso em função da distância a ser vencida na transmissão. Após vários estudos ficou constatado também o fato de que determinados comprimentos de onda, quando apropriadamente emitidos pela fonte luminosa e eficientemente propagados pelas fibras, ajudam a minimizar estas perdas.

As ondas eletromagnéticas, que são geradas pela aceleração de cargas elétricas, incluem a luz visível, as ondas de rádio e as de radar, os raios gama, microondas e outras, que envolvem a propagação de ondas de campos elétricos e magnéticos através do espaço, com velocidade de 300 000 000 m/s no vácuo. A diferença entre as radiações em diferentes partes do espectro deste tipo citadas é uma quantidade que pode ser medida em vários caminhos, como o comprimento de onda, a energia de um fóton ou a oscilação da frequência em um campo eletromagnético.

A Lei de Snell indica que a refração não pode tomar lugar quando o ângulo de incidência é muito grande. Se ele exceder um valor crítico, que denominamos de ângulo crítico, em que o seno do ângulo de refração se igualaria a ele, a luz não pode caminhar no vidro. O fenômeno de reflexão interna total, que sustenta e mantém a luz confinada na fibra óptica, é explicada da seguinte forma: a reflexão interna deve ser proporcionada com toda a energia, fazendo com que os raios de luz saltem para o interior da fibra, obedecendo à Lei de Snell.

Ao se analisar a condução da luz, devemos observar o núcleo que está na parte interior da fibra, onde a luz é guiada, e a cobertura que está em torno da fibra, deve-se levar em consideração estes fatores porque o índice refrativo do núcleo é mais alto que o da cobertura, fazendo que a luz vá até a borda com a cobertura, criando um ângulo e mantendo a luz confinada no núcleo pela reflexão interna total.

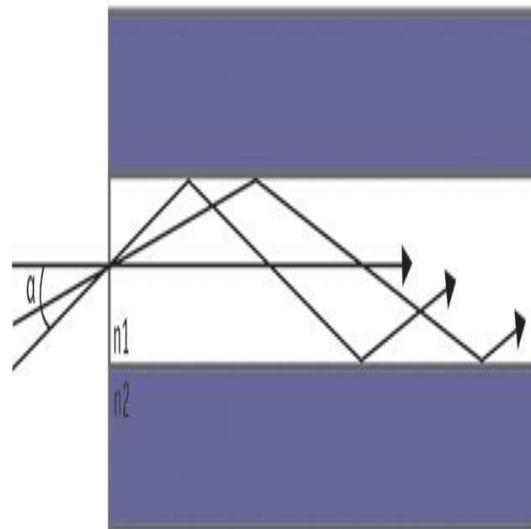


Fig.2 Índice de refração do núcleo n1 e do revestimento n2

Fig.2 Índice de refração do núcleo n1 e do revestimento n2

Quando um Raio de Luz passa de um meio transparente para outro, este sofre um deslocamento dado pela equação abaixo:

$$n_1 * \text{sen}\theta_i = n_2 * \text{sen}\theta_R$$

Eq. 1

Para confinar a luz dentro do Núcleo (fenômeno denominado Reflexão Total), a densidade ou índice de refração deve ser maior no Núcleo do que na Casca, variação que permite a reflexão da luz. A Fibra Óptica transmite luz introduzida numa extremidade para a outra com pequena perda, devido a sequência de reflexões ao longo do caminho. Para exemplificar, imagine um tubo plástico de pequeno diâmetro, flexível e internamente espelhado. Em uma das pontas se injeta um Raio Laser, que é refletido ao longo de todo percurso pela superfície espelhada, mesmo nas curvas.

Os tipos variam conforme o tipo de fonte luminosa usada e a quantidade de sinais que podem ser emitidos dentro da fibra:

Monomodo - A propagação é feita por um único modo, pois a fibra apresenta um núcleo pequeno. O que significa que a largura da banda utilizada é maior e há menor dispersão da luz laser emitida, permitindo a transmissão de sinais a grandes distâncias (WAN). As fibras monomodo apresentam um núcleo de diâmetro inferior a um centésimo de milímetro (cerca de 8µm), o que permite que um único feixe de radiação seja projetado para o interior da fibra, percorrendo-a praticamente sem sofrer

reflexões, possibilitando atingir a melhor velocidade de transmissão possível. Apesar de a qualidade superior das fibras monomodo, a fabricação é mais cara, o manuseio é difícil e exige técnicas avançadas.

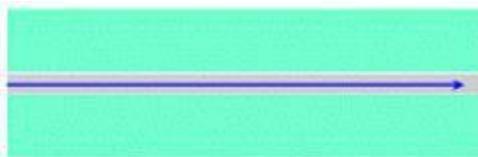


Fig.3 Fibra Monomodo

Multimodo - Além do laser, as fibras podem usar como fonte LEDs (diodo emissor de luz). Possuem um diâmetro maior e, por isso, mais de um sinal pode transitar o filamento. Dessa maneira, ainda se encontram duas subdivisões: fibras multimodo de índice degrau e as de índice gradual.

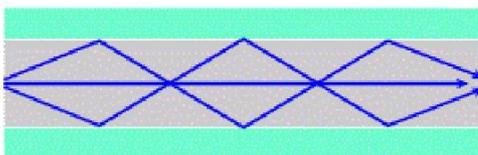


Fig.4 Fibra Multimodo Degrau

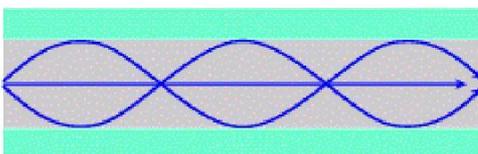


Fig.5 Fibra Multimodo Gradual

A diferença entre elas é que a capacidade de fibra de índice degrau é inferior em relação às outras, tanto pela quantidade de sinal transmitido ser menor quanto por causar maior perda das informações. Na fibra de índice gradual, há uma variação parabólica — como se fizesse uma sequência de arcos durante o percurso — e isso aumenta a faixa de frequência do sinal utilizado.

O sistema de fibras ópticas é constituído por três blocos básicos: bloco transmissor, bloco receptor e bloco do meio físico.

O Bloco Transmissor possui a função de transformar o sinal elétrico em óptico, sendo constituído por dois componentes básicos: o circuito *driver* e circuito emissor de luz. O circuito *driver* possui a função controle de

polarização elétrica e emissão de potência óptica.

O circuito emissor de luz é responsável pela conversão e a emissão do sinal óptico. O bloco receptor possui a função inversa do bloco transmissor, ou seja, detecta o sinal óptico e o converte para elétrico. É constituído por um fotodetector que realiza a conversão optoeletrica e por um circuito amplificador-filtro, onde o sinal recebe um tratamento adequado para a leitura. O meio físico, composto pelas fibras ópticas é um guia, em cujo interior a luz trafega, desde a extremidade emissora até a extremidade receptora.

ANÁLISE DE FLUXO DE MATERIAIS

A Análise de Fluxo de Material (AFM, Material FlowAnalysis, MFA), também conhecida como Análise de Fluxo de Substância (AFS, SubstanceFlowAnalysis, SFA) é um método analítico para quantificar os fluxos e estoques de materiais ou substâncias em um sistema bem definido. A MFA é uma ferramenta importante para avaliar as consequências físicas das atividades humanas e as necessidades em diversas áreas, onde ele é usado em diferentes escalas de espaço e tempo.

Com a MFA é possível identificar riscos com antecedência e revelar incertezas que influenciam na tomada de decisões. As mais comuns aplicações de MFA são na ecologia industrial — objetivando melhorar o uso de energia e de recursos —, na gestão de materiais — visando entender padrões de consumo, criar previsões de escassez e planejamento de estocagem — assim como na gestão De resíduos — detalhando a composição, As emissões, os perigos e os potenciais destinos de materiais em fim de vida útil. Com o passar dos anos, porém, cada vez mais as MFA têm sido direcionadas para estudos ligados ao meio ambiente e ao tratamento de resíduos, auxiliando na compreensão do ciclo de vida de um bem ou substância conforme transita pelas etapas de sua utilização.

Para elaborar uma MFA é necessário conhecer os produtos e as substâncias a serem analisadas e os processos que as modificam. Para tanto, a seguir serão apresentadas as

características de fibras ópticas poliméricas. Em seguida, seu processo produtivo será descrito e terá a metodologia MFA aplicada para a análise de algumas das principais pesquisas voltadas para melhoria do processo produtivo.

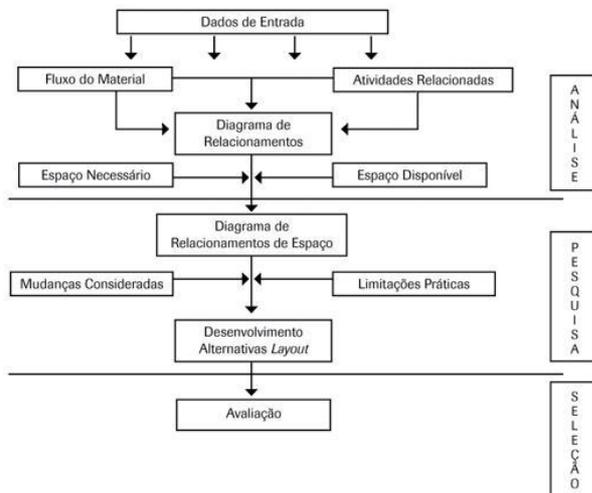


Fig.6 Representação esquemática MFA

Fig.6 Representação esquemática de MFA

Conforme se pode ver na Figura 6, a esfera ambiental está diretamente ligada a um processo produtivo, e os impactos no meio ambiente podem ser reduzidos conforme se consegue reaproveitar determinadas quantidades de bens ou substâncias nos processos.

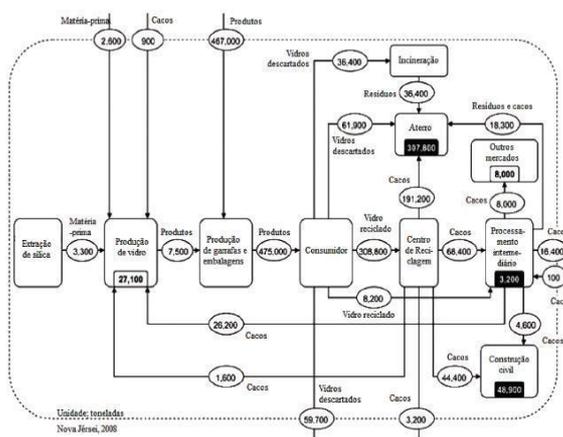


Fig.7 Análise de fluxo de materiais da produção de embalagens vítreas em Nova Jérsei no ano de 2008^[10].

Fig.7 Análise de fluxo de materiais de produção de embalagens vítreas

PRODUÇÃO DAS FIBRAS ÓPTICAS POLIMÉRICAS

Fibras ópticas poliméricas são produzidas principalmente por injeção, puxamento ou por

extrusão. O principal meio utilizado, porém, é a extrusão, cujo contínuo desenvolvimento tecnológico viabiliza cada vez mais aplicações destas fibras não somente em equipamentos médicos e iluminação, como também em redes de comunicação com cada vez mais capacidade e qualidade de transmissão.

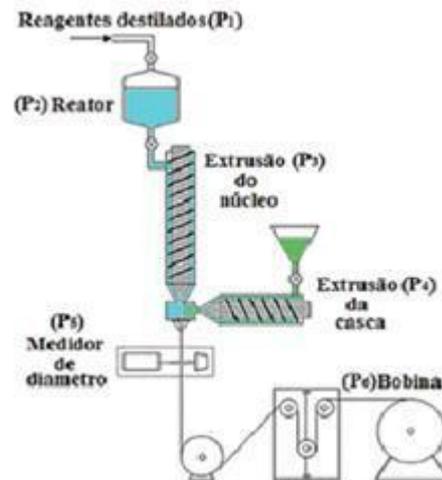


Fig.8 Extrusão de fibras ópticas poliméricas

Fig.8 Extrusão de fibras ópticas poliméricas

Um dos polímeros mais utilizados para a confecção de fibras ópticas é o PoliMetilMetacrilato (PMMA), o qual pode ser inserido em forma de grânulos ou de tarugo no sistema de alimentação da torre de extrusão (P_1). Neste mecanismo ocorre a fusão do polímero em um reator (P_2) que opera em temperaturas que oscilam entre 110 e 150 °C, conforme variações no tipo ou composição do polímero. Em seguida, o material fundido é inserido na extrusora (P_3) por gravidade, cujo fluxo pode ser controlado por uma válvula ou por meio de um pistão mecânico. Conforme a densidade do polímero fundido, a pressão aplicada e o diâmetro do orifício da matriz extrusora é que se determinará o calibre do filamento óptico produzido. Sensores então averiguam o diâmetro do filamento produzido após a extrusão e, na inexistência de falhas, permitem a execução da etapa de revestimento (P_4) com uma casca fluorada. Na maioria dos casos, o principal componente desta casca é o Tetrafluorometano (CF_4), cujo plasma é exposto à fibra extrudada, promovendo sua deposição em camadas, as quais são responsáveis pela reflexão total dos feixes projetados. Esta etapa novamente passará por averiguação de diâmetro (P_5) antes do embobinamento final (P_6) para venda ou instalação.

Eijkelenborg et al. (2007) estão entre os pioneiros na criação de fibras ópticas poliméricas micro estruturadas. Já haviam sido fabricadas fibras vítreas com esta característica e as novas propriedades ópticas que advém desta alteração estrutural também são percebidas em fibras poliméricas. O termo micro estruturada deve-se ao fato de durante a extrusão (P₃) ou durante a confecção da pré-forma são inseridas homoganeamente várias lacunas de ar ou líquido entre várias fibras monomodo fabricadas simultaneamente. Isto confere mais resistência a riscos ambientais, promovendo maior segurança e facilidade de instalação. Este tipo de fibra reduz muito o custo de produção de cabos ópticos, pois são mantidos os índices de refração de cada fibra individualmente e sem distorção ou perda de sinal, apesar de agrupadas em um único cabo.

Em uma revisão histórica acerca das fibras ópticas poliméricas, Koike Asai (1996) chamam a atenção para estudos voltados para a produção de fibras ópticas por co-extrusão. Para tanto, monômeros são dopados, polimerizados e fundidos para então serem submetidos à extrusão que originará o filamento óptico multimodo gradual. Tal processo reduz significativamente a perda de qualidade e velocidade de transmissão devido a dobras na fibra óptica, permitindo que dados transitem acima de 10 Gbps mesmo quando a fibra é submetida a vários nós com 3mm de raio. A partir do conhecimento do processo produtivo de fibras ópticas poliméricas por meio de extrusão, a figura 9 representa a MFA conceitual proposta pelo presente artigo. Tal MFA foi elaborada de forma a abranger a realidade da maioria dos processos produtivos destas fibras ópticas, podendo, inclusive, ser facilmente adaptada às propostas de novos processos e materiais.

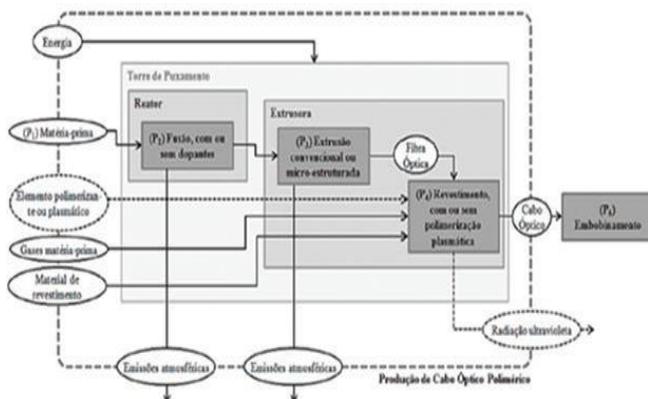


Fig.9 Modelo conceitual para análise de fluxo de materiais no processo de extrusão de fibras ópticas poliméricas

Fig.9 Modelo conceitual para análise de fluxo de materiais no processo de extrusão de fibras

Em estudo conduzido por Bartoli et al. (2005) são analisados potenciais ganhos de velocidade e reduções nas perdas de qualidade de transmissão em fibras ópticas poliméricas. Para tanto, foi realizado o revestimento (P4) do poli metacrilato de metila do núcleo da fibra com hidrofluorcarbono (HFC) por meio de polimerização por plasma de CF₄ associado a hidrogênio. Com isto, verificou-se a redução nos índices de refração de forma gradual na camada de revestimento criada, o que possibilita ganhos de desempenho.

Quadro 1 - comparação entre as pesquisas previamente descritas e resume-as sob a ótica de qualidade e custo.

Comparativo entre pesquisas sobre fibras poliméricas	Processo produtivo				Revestimento
	Noda e Koike ^[17]	Eijkelenborg et al. ^[18]	Eijkelenborg et al. ^[19]	Koike e Asai ^[20]	Bartoli et al. ^[21]
Foco	Produção por puxamento de preforma	Fibras micro-estruturadas monomodo	Fibras micro-estruturadas multimodo	Co-extrusão	Polimerização com plasma
Qualidade	Maior	Similar	Similar	Maior	Maior
Custo	Maior	Menor	Menor	Maior	Maior

Quadro 1. Comparação entre estudos sobre fibras poliméricas conforme qualidade e custo

Tais aspectos são dicotômicos quando da tomada de decisão acerca de parâmetros de produção.

Como se pôde perceber nas pesquisas de Noda e Koike, Koike e Asai e Bartoli et al, há acréscimo nos custos de produção em função dos materiais ou processos empregados no intuito de se obter maior qualidade. Por outro lado, os estudos conduzidos por Eijkelenborg et al.^[18,19] tendem a reduzir custos de produção em detrimento ao mesmo tempo em que abrem mão de qualidade, ainda que de forma quase insignificante.

O fluxograma abaixo permite fácil a leitura de seqüências de processos, pois nele é possível a verificação de todas as entradas conhecidas (matérias-primas), os processos e equipamentos utilizados e as subsequentes saídas dos cabos ópticos para embobinamento.

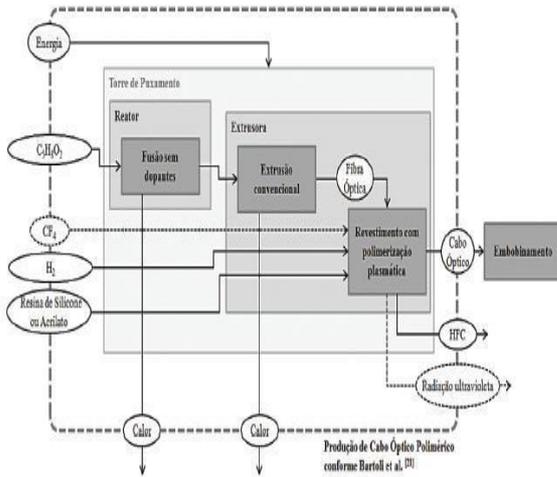


Fig. 10 Análise de fluxo de materiais aplicada ao processo proposto por Bartoli et al para fibras ópticas poliméricas

Fig.10 Análise do fluxo de materiais aplicada ao processo proposto por Bartoli para fibras ópticas poliméricas

Quadro 2 - Comparativos de impactos ambientais entre os estudos sobre fibras poliméricas

Noda e Koike ⁽¹⁷⁾	Eijkelenborg et al. ⁽¹⁸⁾	Eijkelenborg et al. ⁽¹⁸⁾	Kolke e Asai ⁽²⁰⁾	Bartoli et al. ⁽²¹⁾
- Ainda existe polêmica acerca dos riscos ambientais no uso do Teflon em várias aplicações	- Menor consumo de energia - Reduz emissões de calor	- Menor consumo de energia - Reduz emissões de calor	- Etapas adicionais exigem mais energia - Aumenta emissões de calor	- Etapas adicionais exigem mais energia - Potenciais emissões danosas de HFC - Aumenta emissões de calor

Quadro 2. Comparativo dos impactos ambientais entre os estudos sobre fibras poliméricas

A proposta de Noda e Koike para o uso do puxamento na produção de fibras ópticas poliméricas configura um risco ambiental ainda em estudo em função do uso do Teflon na fabricação da preforma. Os estudos de Eijkelenborg et al, voltados para fibras poliméricas micro estruturadas caracterizam uma alternativa ambientalmente interessante sob o ponto de vista energético e suas ramificações. Ao sugerir métodos para ganho de eficiência e produtividade os autores permitem um menor consumo de energia e, como consequência indireta, a redução nas emissões de calor. Koike e Asai e Bartoli, por sua vez, optam por proposições cujo consumo energético é maior frente ao processo de extrusão comumente

utilizado, aumentando as emissões de calor. Adicionalmente, a proposição de Bartoli et al. é uma potencial geradora de emissões de 16HFC (hidrofluorcarbono), gás cuja presença na atmosfera é altamente persistente e agrava o efeito-estufa em função de acelerar a quebra do ozônio.

Neste caso, o entendimento do processo produtivo e a elaboração do MFA permitiram a percepção das relações existentes entre o fluxo de substâncias e materiais e seus potenciais impactos ambientais, destacando a importância de considerar essa esfera, quando da análise de modificações no processo produtivo.

CONCLUSÃO

Com base nos estudos dos autores e nas alterações propostas ao processo produtivo mais comum para fibras ópticas poliméricas, foi possível elaborar um modelo conceitual de MFA. Por meio da aplicação da metodologia de MFA foi possível entender os efeitos que as alterações propostas nos estudos analisados têm na dinâmica dos materiais envolvidos em cada etapa do processo produtivo.

Nota-se a tendência de que fibras poliméricas ganhem cada vez mais espaço no mercado conforme evoluem suas características em função da tecnologia empregada em sua produção, assim como em função de propostas que reduzam ainda mais seu custo.

Contudo segundo os objetivos propostos e testes realizados, esta pesquisa obteve resultados que mostraram: aumento de velocidade de transmissão, aprimoramento da qualidade final do produto, porém aumentando a demanda e os impactos ambientais. Mostrando o processo de co-extrusão apresenta-se como uma alternativa intermediária para ganhos de desempenho e custo em fibras poliméricas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade estadual do Maranhão juntamente com os professores responsáveis pelo apoio e a Deus pela oportunidade de estar desenvolvendo o projeto do desenvolvimento da fibra óptica.

REFERÊNCIAS

https://www.rnp.br/newsgen/0203/fibras_opticas.html

http://www.mspc.eng.br/elettrn/fibr/opt_110.sht

<http://www.ebosa.co.cl/images/cableFO/>
Koike, Y. & Asai, M. – NPG Asia Materials, 1, p. 22, (2009). DOI:
10.1038/asiamat.2009.2

Eijkelenborg, M. A. van; Argyros, A.; Barton, G.; Bassett, I. M.; Fellew, M.; Henry, G.; Issa, N. A.; Large, M. C.J.; Manos, S.; Padden, W.; Poladian, L. & Zagari, J. – Journal of Optical Fiber Technology, 9, p. 199, (2003).

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material digitado presente nesse projeto.