

MMM: Um Correio Eletrônico Multimídia sobre o WWW*

Thais Vasconcelos Batista¹
thais@inf.puc-rio.br

Luiz Fernando Gomes Soares
lfgs@inf.puc-rio.br

Noemi de La Rocque Rodriguez
noemi@inf.puc-rio.br

Marcos Cabral Resende
cabral@inf.puc-rio.br

Laboratorio TeleMídia
Departamento de Informatica - PUC-Rio
R. Marquês de São Vicente 225 - Gávea
22453 - Rio de Janeiro, RJ - Brasil

Resumo

Este trabalho apresenta o MMM (MultiMedia Mail), uma implementação do SMHMS (Simple Multimedia Hypermedia Mail System) utilizando o modelo WWW (World Wide Web) como base para criação de mensagens multimídia. O SMHMS é um modelo de um sistema de correio eletrônico multimídia/hipermídia que, entre muitas outras questões, oferece um tratamento especial para redução de tráfego na rede e de espaço de armazenamento de mensagens. Visando facilitar sua implementação, fornecer portabilidade e flexibilidade, o MMM segue a proposta do SMHMS e utiliza padrões vigentes para objetos multimídia além de aproveitar os mecanismos de transporte de mensagens textuais utilizado no correio eletrônico tradicional, em particular o SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) da rede Internet. No MMM, as mensagens intercambiadas são "teias" WWW e sua transferência realizada pelo protocolo http (Hypertext Transfer Protocol) entre Servidores WWW.

Palavras-chave: correio eletrônico, composição de documentos, SMTP, WWW, MHEG, Mosaic, html, http.

Abstract

This paper presents MultiMedia Mail (MMM), an implementation of SMHMS (Simple Multimedia Hypermedia Mail System) which uses the World Wide Web (WWW) for creating multimedia messages. SMHMS is a multimedia/hypermedia electronic mail system model, which deals with issues related to network traffic generation and storage management. For reasons of implementation flexibility and portability, the system is built on top of existing mail protocols, specially the Simple Mail Transfer Protocol (SMTP). In MMM, the exchanged messages are WWW "webs". HTTP (Hypertext Transfer Protocol) and WWW servers are used for transfer of multimedia information.

keywords: electronic mail, document composition, SMTP, WWW, MHEG, Mosaic, html, http.

* Este trabalho foi desenvolvido com o apoio do CNPq através do projeto ProTeM II - HyperProp

¹ Estudante de doutorado

1 - Introdução

O correio eletrônico tornou-se, com a disseminação das redes, a aplicação mais usada em ambientes de comunicação computacionais. A princípio, sistemas de correio eletrônico se limitavam à transmissão de informação puramente textual ou, no máximo, ofereciam suporte também à transmissão de voz. Desde meados da década de 1980, sistemas de correio eletrônico com verdadeiro suporte à transmissão de várias mídias (como voz, vídeo, e imagens) [5, 9 e 17] têm atraído interesse em ambientes de pesquisa.

Nestes correios eletrônicos multimídia é importante que os documentos intercambiados possam ser apresentados de forma estruturada. A apresentação deve obedecer um formato especificado pelo autor da mensagem, relacionando as várias partes do documento, tanto temporalmente (por exemplo, apresentação simultânea de voz e vídeo) como espacialmente (por exemplo, texto sobreposto a vídeo). Relações semânticas deste tipo são oferecidas por sistemas de documentos hipermídia, que podem, desta forma, servir de base para a composição das mensagens intercambiadas.

Como toda aplicação de comunicação, é importante que o sistema de correio eletrônico multimídia seja interoperável, permitindo a comunicação entre usuários em diversas plataformas. Para isto, é interessante que ele seja projetado para funcionar sobre protocolos de transporte de correios eletrônicos já existentes e aceitos internacionalmente. Pelas mesmas razões, também é interessante que a composição e exibição de mensagens multimídia/hipermídia possam ser baseadas em ferramentas independentes do sistema de correio multimídia, tanto pela possibilidade de reaproveitamento destas ferramentas como pela provisão, para o usuário, de um paradigma único de composição e navegação em documentos hipermídia. A interoperabilidade é uma preocupação presente em todo este artigo.

Um dos problemas na implementação de sistemas de correio eletrônico multimídia é a sobrecarga gerada pelo volume das mensagens tanto no que diz respeito a tráfego na rede como espaço de armazenamento. Informações em vídeo e áudio, em geral, consomem muito espaço. Enquanto que nos correios eletrônicos tradicionais mensagens textuais são simplesmente repetidas nas caixas postais de diversos usuários em um mesmo *site*, um sistema de correio eletrônico multimídia deve evitar a replicação a todo custo. Informações enviadas a mais de um usuário devem ser referenciadas e não replicadas.

Outro problema na implementação de correios eletrônicos multimídia é o tráfego gerado na rede durante a transferência de informações multimídia. Para resolver esse problema, o sistema deve evitar que informações replicadas (existentes em outras mensagens do repositório de destino) sejam retransmitidas e também evitar que sejam transmitidos dados que o sistema de destino não é capaz de tratar.

Este artigo descreve uma implementação de um sistema de correio eletrônico multimídia experimental, o SMHMS (Simple Multimedia Hypermedia Mail System), cumprindo todos os requisitos mencionados nos parágrafos anteriores. O SMHMS foi projetado para funcionar sobre protocolos de correio padrão, em particular o SMTP [10]. A manipulação de mensagens é baseada em um modelo de documentos hipermídia com suporte para composição. Um protótipo inicial deste sistema foi implementado utilizando-se o sistema HyperProp [15 e 16] como cliente e servidor hipermídia e o protocolo ftp como mecanismo de transferência de documentos hipermídia. Detalhes sobre este protótipo podem ser encontrados em [12].

A implementação descrita neste artigo, denominada MMM (MultiMedia Mail), é baseada no uso do modelo WWW (World Wide Web) para o cliente e o servidor hipermídia. O intercâmbio de mensagens compreende uma etapa de transferência de mensagens ASCII, realizada pelo correio convencional (sendmail), e uma etapa de transferência do documento hipermídia, realizada através do uso do protocolo http. Um Servidor WWW dedicado faz o papel de servidor de documentos hipermídia. A recepção de mensagens inclui um cliente WWW modificado, que executa a transferência dos documentos envolvidos para a máquina local, antes da leitura da mensagem pelo usuário receptor. Isto permite que as mesmas ferramentas usadas para exibição de documentos WWW sejam usadas pelo MMM. Apesar de impor algumas limitações em relação ao modelo de documentos embutido no SMHMS, a ampla disponibilidade de Servidores e browsers WWW, assim como a flexibilidade do próprio modelo WWW, permitem que a implementação descrita aqui possa ser repetida sem grande complexidade em várias plataformas distintas. As limitações do modelo de documentos do WWW também são discutidas no artigo.

A organização do artigo é a que se segue. A seção 2 descreve os conceitos envolvidos no SMHMS. A seção 3 descreve, de forma resumida, o modelo WWW, no que diz respeito a definição do MMM. Na seção 4 discute-se a implementação do Sistema MMM. A seção 5 contém algumas considerações finais.

2 - SMHMS

O Simple Multimedia Hypermedia Mail System (SMHMS) é um sistema de correio eletrônico multimídia/hipermídia (M/H) que trata das questões relacionadas ao tráfego na rede e espaço de armazenamento. A base para criação dos objetos intercambiados no SMHMS é o Modelo de Contextos Aninhados (MCA) [15] que é a base conceitual do projeto HyperProp [14]. Uma proposta do sistema sobre a plataforma HyperProp se encontra disponível desde 1994 [12].

Nesta seção, inicialmente, seção 2.1, é apresentado o modelo conceitual das mensagens multimídia/hipermídia intercambiadas. Na seção 2.2 são discutidos os principais requisitos que devem ser satisfeitos pelo sistema. A seção 2.3 trata do formato dos dados intercambiados. Em seguida, a seção 2.4 descreve a arquitetura do SMHMS.

2.1 - O Modelo Conceitual dos Documentos Multimídia/Hipermídia Intercambiados

A terminologia usada nesta seção é a mesma definida no Modelo de Contextos Aninhados (MCA), descrito de forma completa em [15], que por sua vez tem conformidade com a proposta de padrão para documentos multimídia/hipermídia, conhecido como padrão MHEG [7]. Para uma implementação do sistema, no entanto, o relevante é que se possa utilizar os conceitos de composição e estruturação de documentos descritos a seguir.

Um documento no MCA é composto por nós (fragmentos de informação) e elos, que definem relações entre nós. Existem duas classes de nós: nós terminais (*content nodes* na terminologia MHEG) e nós de composição (*composite nodes* na terminologia MHEG), sendo, os últimos, o conceito central do modelo. Um nó terminal contém dados cuja estrutura interna é dependente da aplicação e não faz parte do modelo. A classe de nós terminais pode ser especializada em outras classes (texto, áudio, vídeo, etc.), de acordo com as necessidades da aplicação.

Um nó de composição é usado para agrupar elos e nós, terminais ou de composição (recursivamente), denominados componentes da composição. Para efeito do SMHMS, os

componentes de uma composição formam um conjunto. Nós de composição podem ser aninhados em qualquer profundidade. Desta forma, o nó de composição permite organizar, hierarquicamente ou não, conjuntos de nós, e oferece um mecanismo para definir diferentes visões do mesmo documento, como evidenciado em [15].

Um elo conecta dois nós, e elos são definidos apenas dentro de composições. Isto significa que um mesmo nó terminal, por exemplo, estando em diferentes composições, pode ser origem de um elo em uma das composições e em outra não, isto é, a informação de um nó é independente da relação definida por um elo (ao contrário da limitação do modelo utilizado no WWW, onde, como veremos adiante, um elo é definido pela informação contida em um nó terminal).

É importante notar que, como um elo entre dois nós é definido na composição que os contém e não nos próprios nós (como no WWW), a consistência do elo é facilmente mantida, isto é, não é possível ter um elo referenciando um nó inexistente.

O modelo define ainda o conceito de hiperbase, como um repositório de nós com a seguinte propriedade: Se um nó de composição qualquer pertence a uma hiperbase, então todos os nós contidos nesta composição também pertencem a esta hiperbase.

O MCA, aqui sucintamente descrito, é a base conceitual do projeto Hyperprop, cujo objetivo é desenvolver uma máquina hipermídia que dê suporte ao desenvolvimento de diferentes aplicações hipermídia, como correio eletrônico, teleconferência, etc. O SMHMS foi proposto originalmente como uma aplicação HyperProp. No entanto, julgou-se importante, como forma de validar o modelo proposto no SMHMS, desenvolver uma implementação do sistema sobre uma plataforma já amplamente difundida, que é o caso do WWW. Apesar de impor algumas limitações em relação ao modelo descrito nesta seção, esta opção nos permitirá desenvolver testes de uso do sistema enquanto o desenvolvimento de máquinas em conformidade com o padrão MHEG é continuado.

2.2 - Requisitos

Uma implementação do SMHMS, independente do modelo hipermídia ou do sistema de transporte, deve possuir os seguintes requisitos básicos:

- Nenhum nó deve ser replicado no Servidor de Correio M/H (descrito na Seção 2.2). Se um nó pertence a mais de uma mensagem, ele deve ser referenciado, e não replicado. Este aspecto visa minimizar o espaço de armazenamento de mensagens.
- O SMHMS deve funcionar mesmo em sistemas que não ofereçam suporte a todas as mídias. Por exemplo, em particular, o SMHMS funcionará como um sistema de correio ASCII (sistema de correio tradicional), se facilidades para tratamento de vídeo, áudio e imagem não estiverem disponíveis. Além disso, apenas os nós que o usuário destino seja capaz de tratar devem ser transmitidos através da rede. Um sistema fazendo uso do SMHMS deve poder descrever um *perfil* de mídias para as quais existe suporte.

Atendendo aos dois requisitos anteriores, o SMHMS minimiza o tráfego de informações na rede, uma vez que nós replicados não são retransmitidos, bem como não são transmitidos os nós cuja mídia o sistema destino não consegue tratar.

Além dos requisitos anteriores, os seguintes requisitos devem ser satisfeitos:

- O sistema deve ser o mais flexível possível em relação aos tipos de mídia que podem ser usados, apesar do uso de algumas mídias poder ser difícil, devido a restrições pragmáticas de hardware.
- O SMHMS deve aproveitar o máximo possível os recursos de software utilizados pelos sistemas de correio convencional existentes. Em particular, é interessante que o sistema possa utilizar os agentes de transporte, as interfaces e as ferramentas do correio tradicional, facilitando sua instalação em diferentes plataformas.
- O SMHMS deve aproveitar o máximo possível os padrões, de jure e de facto, para composição e transmissão de documentos M/H.

2.3 - O Formato dos Dados Intercambiados

O SMHMS define um modelo de dados onde a mensagem M/H a ser transmitida/recebida é descrita por uma outra mensagem ASCII. Esta seção descreve como estas mensagens ASCII são estruturadas e também os documentos que elas representam. Os formatos de dados apresentados a seguir são relevantes apenas para a descrição conceitual e para a implementação do sistema, sendo totalmente transparentes para o usuário final. A Figura 1 ilustra a relação entre as mensagens envolvidas.

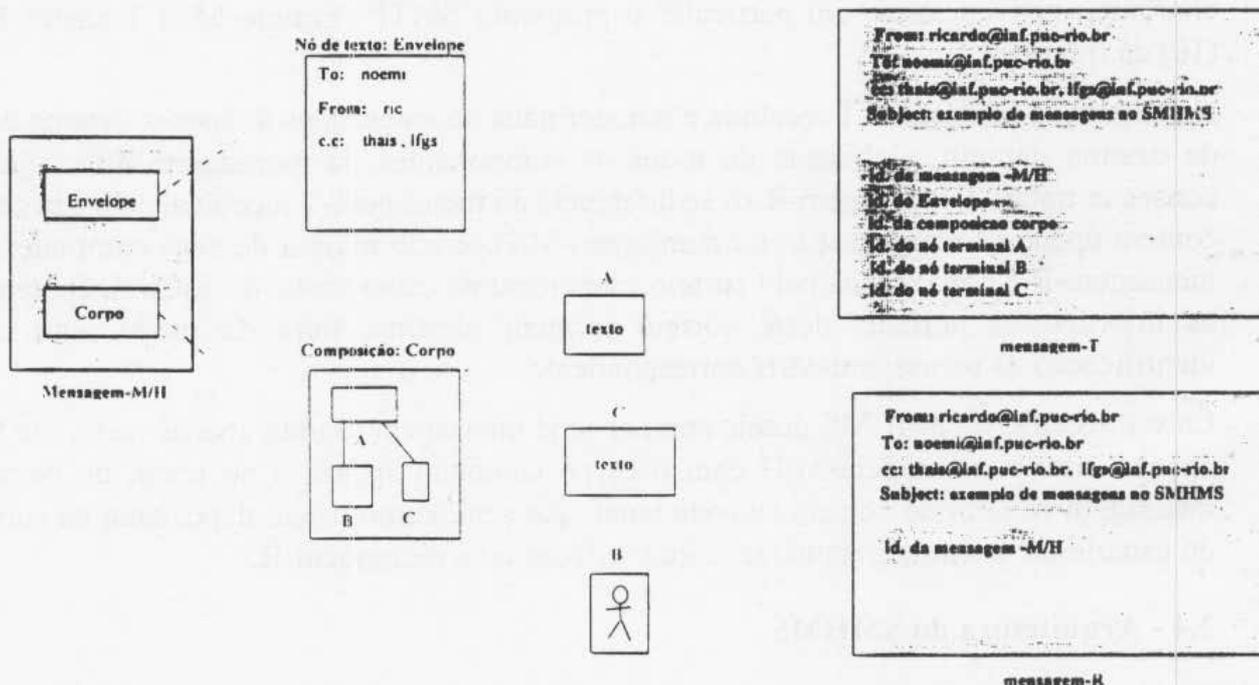


Figura 1. Mensagens no SMHMS

No SMHMS, um documento multimídia/hipermídia, chamado de *documento-M/H* é qualquer nó terminal ou de composição. Um tipo específico de documento-M/H é usado para representar uma mensagem multimídia/hipermídia, denominada *mensagem-M/H*. Uma mensagem-M/H é um nó de composição que contém um documento-M/H, chamado **corpo da mensagem**, e um nó texto chamado **envelope**, cujo conteúdo é idêntico ao cabeçalho de uma mensagem do correio eletrônico convencional (na implementação atual, o cabeçalho definido pela RFC 822 [4]).

(O) modelo de mensagens-M/H fornece flexibilidade nos seguintes aspectos:

- Uma vez que qualquer nó pode estar contido em mais de um nó de composição, tem-se que:
 - o corpo da mensagem-M/H pode ser ou não compartilhado, em parte ou no todo, por outros usuários, de acordo com os direitos de acesso definidos pelo proprietário.
 - uma mensagem-M/H pode estar recursivamente contida no corpo de qualquer outra mensagem-M/H.
- O documento-M/H (corpo da mensagem) pode ser criado externamente, fora do SMHMS, e depois ser incorporado à mensagem-M/H.

Uma mensagem-M/H dá origem a uma mensagem ASCII denominada *mensagem-T*. A mensagem-T segue o formato definido pelo padrão RFC 822 para mensagens textuais da Internet, possuindo o campo CONTENT-TYPE = X-SMHMS. Esta mensagem vai servir para informar ao sistema de correio de destino o identificador da mensagem-M/H e os identificadores de todos os nós e composições que recursivamente compõem esta mensagem-M/H, como exemplificado na Figura 1. Esta mensagem-T terá um cabeçalho idêntico ao definido no nó envelope da mensagem-M/H.

Para tratamento e envio da mensagem-T, o SMHMS faz uso de um sistema de correio eletrônico convencional, em particular o protocolo SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) [10] da Internet.

No destino, a mensagem-T recebida é transformada na *mensagem-R*, após o sistema de correio de destino garantir a chegada de todos os componentes da mensagem-M/H cujas mídias consegue tratar. A mensagem-R só se diferencia da mensagem-T recebida, pelo seu corpo, que conterà apenas a identificação da mensagem-M/H, e não mais a de seus componentes. Esta mensagem-R é armazenada pelo correio tradicional na caixa postal do usuário, contendo todas as informações normais deste correio (origem, destino, hora de envio, etc), além da identificação da mensagem-M/H correspondente.

Caso o usuário do SMHMS deseje compor uma mensagem usando apenas texto, ele terá duas opções: usar a mensagem-M/H com o corpo contendo apenas o nó texto, ou compor uma mensagem comum do correio convencional, que será, como usual, depositada na caixa postal do usuário de destino diretamente, como se fosse uma mensagem-R.

2.4 - Arquitetura do SMHMS

Esta seção descreve resumidamente a arquitetura e funcionamento do SMHMS através de um cenário de configuração em uma rede utilizando o SMTP como sistema de transporte de mensagens ASCII, conforme apresenta a Figura 2.

Duas redes interligadas, A e B, possuem, cada uma, uma máquina executando um Servidor M/H e uma máquina Servidora do correio eletrônico tradicional, o Servidor SMTP (obviamente, em outro cenário, os dois servidores poderiam ser executados em uma mesma máquina). Em cada uma destas redes, a figura ilustra uma estação de trabalho típica à qual um usuário teria acesso, a estação do usuário. Nesta estação é executada a Interface com o Usuário, que pode ser subdividida em dois módulos, de acordo com a função que desempenha: o módulo Interface de Correio, através do qual se acessa o correio tradicional e o suporte à transmissão dos documentos-M/H, e o módulo Interface de Documentos M/H.

utilizado para composição e exibição de mensagens-M/H. A Interface de Correio, através do cliente SMTP, utiliza os serviços do correio tradicional oferecidos pelo Servidor SMTP. A Interface de Documentos M/H, através do cliente M/H, tem acesso ao Servidor M/H local.

Cada usuário possui, além de sua caixa postal convencional no Servidor SMTP, onde são depositadas as mensagens-R, uma caixa postal M/H - gerenciada pelo Servidor M/H. Uma caixa postal especial é também criada no Servidor SMTP, denominada Caixa Postal do SMHMS, onde são depositadas todas as mensagens-T, independente do usuário de destino na rede.

A Estação do Servidor M/H é responsável pelo armazenamento e recuperação de todos os documentos-M/H. O Gerente de Mensagens tem a finalidade de tratar as mensagens que são depositadas na Caixa Postal do SMHMS. Este tratamento compreende as seguintes funções: identificar os componentes da mensagem, solicitar ao Servidor M/H da outra rede os componentes não disponíveis localmente, e produzir a mensagem-R, que será armazenada pelo Servidor SMTP, na caixa postal convencional do usuário de destino. Os documentos são enviados de uma rede para outra através de um protocolo apropriado para transferência de documentos-M/H.

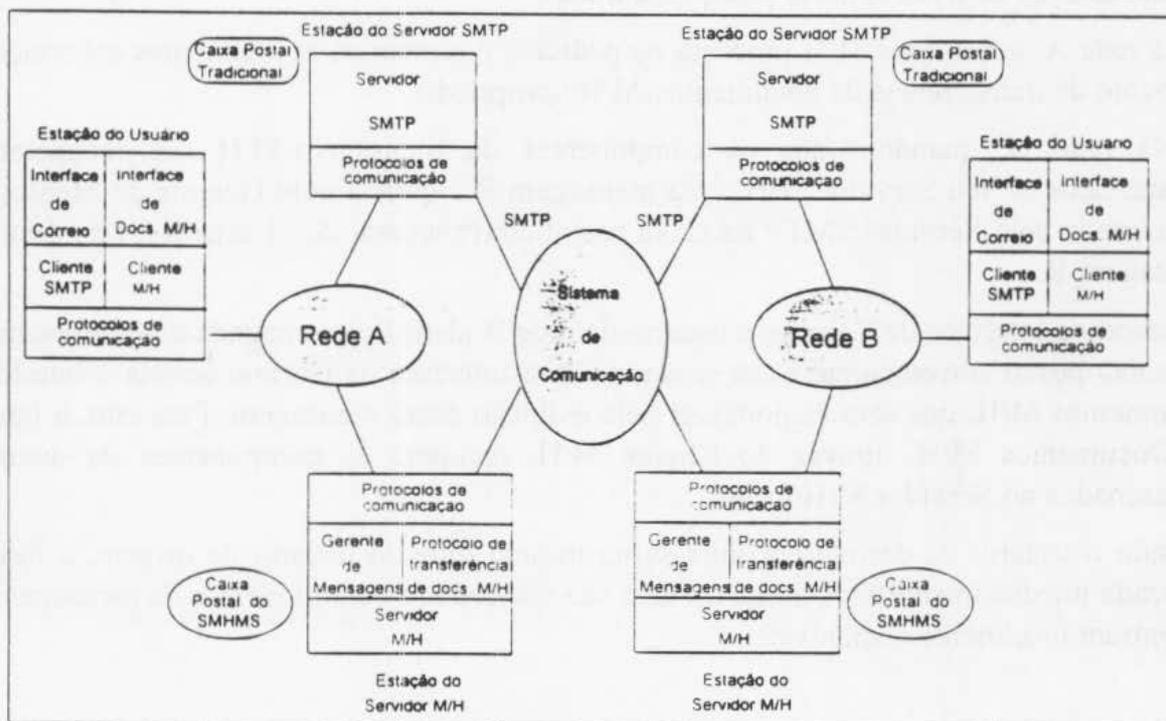


Figura 2. Arquitetura do SMHMS em um Sistema Distribuído

O funcionamento do sistema pode ser entendido através da descrição da composição, envio, e recepção de uma mensagem-M/H, como apresentado a seguir.

Inicialmente, é apresentada ao usuário a Interface de Correio que, para composição do corpo da mensagem-M/H, chama a Interface de Documentos M/H. É importante notar que a criação do corpo da mensagem-M/H pode utilizar quaisquer documentos disponíveis no Servidor M/H local (resguardados os direitos de acesso), que é recuperado pela Interface M/H através do cliente M/H. Os componentes da mensagem-M/H criada são armazenados no Servidor M/H da rede local de origem. A mensagem-T correspondente a mensagem-M/H é criada automaticamente pelo sistema quando o usuário finaliza a criação da mensagem-M/H. Opcionalmente, o usuário pode utilizar a Interface de Correio deste sistema como um correio

convencional. Neste caso, como já dito anteriormente, tanto a mensagem-T quanto a mensagem-R são a própria mensagem criada pelo usuário.

Após criar o corpo da mensagem-M/H e a correspondente mensagem-T, o usuário, utilizando a Interface de Correio, pode enviá-la a um usuário da mesma rede, ou, por exemplo, na rede B. Nesse último caso, mais geral, a transferência do documento ocorre em quatro fases:

a) a Interface de Correio faz uma chamada à camada cliente SMTP que envia a mensagem-T para a rede B, utilizando os mecanismos de transporte do correio convencional. Na rede B, esta mensagem-T é recebida pela camada Servidor SMTP, que se encarrega de armazená-la na caixa postal convencional de um usuário especial: o Servidor M/H, denominada caixa postal do SMHMS, como visto anteriormente.

b) Na fase seguinte, na rede B, o Gerente de Mensagens identifica que foi depositada uma mensagem na caixa postal do SMHMS, e de posse desta mensagem-T recebida e utilizando os serviços do Servidor M/H, descobre quais componentes do corpo da mensagem-M/H não existem localmente e os solicita à rede A. Somente são solicitados os componentes que alguma estação do usuário nesta rede possa tratar.

c) Na rede A, o Servidor M/H processa os pedidos, e remete os componentes solicitados via protocolo de transferência de documentos-M/H apropriado.

d) Na rede B, quando todos os componentes da mensagem-M/H são recuperados e armazenados no seu Servidor M/H, uma mensagem-R é gerada pelo Gerente de Mensagens e armazenada pelo Servidor SMTP na caixa postal convencional do(s) usuário(s) de destino da mensagem-R.

Utilizando a Interface de Correio, o usuário da rede B identifica a chegada da mensagem-R na sua caixa postal convencional e, ao selecioná-la, a Interface de Correio aciona a Interface de Documentos M/H, que será responsável pela exibição desta mensagem. Para isto, a Interface de Documentos M/H, através do Cliente M/H, recupera os componentes da mensagem armazenados no Servidor M/H local.

Quando o usuário de destino encontra-se na mesma rede do usuário de origem, a fase d) é realizada imediatamente após a fase a), uma vez que todos os componentes da mensagem já se encontram localmente disponíveis.

3. - O Modelo WWW

O projeto WWW (World Wide web), iniciado em CERN, na Suíça, por Tim Berner Lee, desenvolve um paradigma para navegação na Internet usando uma interface hipertextual. Essa seção descreve brevemente este paradigma no que concerne a implementação do MMM. Maiores detalhes sobre o WWW podem ser encontrados em [1].

O modelo do WWW é baseado, como a maioria dos serviços da Internet, no modelo cliente-servidor. Clientes são chamados de *browsers* (exibidores), e permitem ao usuário navegar em sequências de nós de hipertexto (chamados documentos no WWW) fornecidos pelos servidores em algum WWW site. O tipo básico de nó no WWW são textos ASCII em uma linguagem de marcação chamada *html* (Hypertext Markup Language), que descreve a formatação e conexão entre informações. Cada elo descreve uma âncora no mesmo

documento ou em qualquer outro documento disponível em um Servidor WWW. A sintaxe para um elo contém um endereço *http* (Hypertext Transfer Protocol) onde o documento referenciado pode ser obtido, e o nome do arquivo que o contém. Tipicamente, um exibidor WWW mostra esses nós *html* para o usuário, usando as regras da linguagem de marcação para criar textos formatados onde elos são convertidos para sublinhados ou vídeo reverso. A seleção de um elo feita pelo usuário é respondida através da obtenção e exibição do documento referenciado. Isto é realizado contactando-se o Servidor WWW ativo referenciado pelo endereço contido no documento *html*, e comunicando-se com esse Servidor através do protocolo *http* (Hypertext Transfer Protocol). Os Servidores WWW são chamados Servidores *http*, visto que sua função é comunicar-se com clientes usando o *http*. Os exibidores devem implementar basicamente o *http* e o *html*.

O modelo também oferece suporte para referências a documentos contendo informação não ASCII. O nome do arquivo do documento referenciado deve ter uma extensão que indique o tipo do seu conteúdo. A extensão "*html*" indica um nó texto padrão. Extensões como "*gif*", "*mpeg*", "*ps*", e outras, podem ser usadas para descrever alternativas. Um arquivo de configuração para o exibidor mapeia cada uma dessas extensões para o nome de um programa específico de visualização. Quando um elo para um arquivo não-*html* é selecionado, o exibidor WWW dispara a execução do exibidor associado depois de obter o documento. Isto significa que o modelo não descreve como outras extensões além de "*html*" devem ser tratadas, o que implica que não existe suporte a elos começando desses outros tipos de documentos. Por outro lado, essa solução introduz flexibilidade, visto que a implementação de um exibidor WWW em qualquer plataforma requer apenas o desenvolvimento de um programa que trata *http* e *html*. A visualização de documentos não-*html* pode usar qualquer ferramenta disponível no sistema destino.

A flexibilidade desse modelo tem induzido o desenvolvimento de uma série de exibidores e Servidores *http* para diferentes plataformas. Alguns editores *html* estão também disponíveis. A maioria dessas ferramentas são de domínio público e, em muitos casos, os códigos fonte são também distribuídos. Além disso, atualmente, há uma grande quantidade de informação disponível no formato *html*. Por todas essas razões, decidiu-se desenvolver uma versão do SMHMS usando este modelo. A grande disponibilidade de código e informação formatada permite ter um sistema sendo testado por um grupo grande de usuários em um curto período de tempo.

4. - Implementando o SMHMS sobre o WWW

Na versão MMM (MultiMedia Mail) do SMHMS, mensagens-M/H são compostas usando o *html*, e os documentos que formam a mensagem são recuperados usando o *http*. O fornecimento de informações pelos Servidores é exatamente igual ao WWW, o que nos permite usar Servidores *http* existentes. A exibição é um pouco diferente, como descrito a seguir.

No modelo WWW, documentos são recuperados em resposta a seleções do usuário. Isto pode implicar, no caso de áudio e vídeo, que um grande retardo de transferência e variações estatísticas de retardo possam tornar suas exibições em tempo real impossíveis. Para evitar tal problema e para liberar o servidor origem de armazenar um documento (mensagem) que se quer transmitir ao destino e depois, opcionalmente, destruí-lo na origem, no SMHMS, uma

mensagem hipermidia vista pelo usuário deve estar disponível no Servidor local. Isto é, um documento para ser recuperado pelo usuário de destino deve ser transportado para seu Servidor local, o que implicará, como se verá, em uma série de cuidados no tratamento de endereços http. Para permitir o usuário visualizar as mensagens e recuperar seus componentes do Servidor local, optou-se por modificar um exibidor WWW existente. O NCSA Mosaic [8] foi escolhido pela sua disponibilidade, facilidade de modificação do código para adaptação ao modelo proposto e uso em diferentes plataformas.

4.1. - Mensagens Hipermidia no MMM

Como descrito na seção 2.3, uma mensagem no SMHMS é um nó de composição. Nós de composição podem ser implementados contendo apenas referências a seus nós componentes, e não os próprios nós, permitindo que o mesmo nó esteja contido em diferentes composições sem necessidade de replicar as informações. Elos definidos em um nó de composição não afetam outras composições, conforme já mencionado.

No modelo WWW não existe suporte a composição. Um nó de composição é emulado, na implementação corrente, por um documento html contendo elos de hipertexto relacionando os seus vários documentos componentes. Esta solução é similar ao modo como os *fileboxes* são construídos no *NoteCards* [6]. A emulação implica na perda da semântica da composição (visto que relações de composição são representadas da mesma forma que elos de hipertexto) fornecida em modelos com esta classe de nós, como o MHEG e o HyperProp. Esta perda de semântica imposta pelo uso do WWW terá várias consequências, conforme será visto na seção 4.3.

Através de emulação de composições, uma mensagem-M/H tem formato fixo, contendo dois elos html. O primeiro é uma referência ao envelope da mensagem. O segundo elo é uma referência ao corpo da mensagem-M/H. O corpo da mensagem-M/H pode conter qualquer tipo de mídia. Em geral, quando a mensagem é um documento hipermidia, o corpo da mensagem-M/H é uma composição representada novamente por um documento html contendo elos para o conjunto de nós contidos na composição.

No MMM, o corpo da mensagem-T é composta pelo usuário (e não pelo sistema) e contém apenas a descrição de um conjunto de elos html, que descreve os documentos que formam a mensagem-M/H. O primeiro desses elos html é uma referência a mensagem-M/H. É importante ressaltar que não obrigatoriamente todos os elos contidos na mensagem-M/H devem estar descritos na mensagem-T, mas apenas aqueles cujos documentos referenciados o usuário deseja que sejam transmitidos para o servidor de destino. Os elos identificam a localização destes documentos que podem estar em servidores diferentes. Na descrição do SMHMS foi dito que a mensagem-T é derivada automaticamente da mensagem-M/H. Isto só é possível quando se utiliza um modelo de dados com composição, pois a composição conhece cada um dos seus componentes e pode fornecê-los ao sistema de correio automaticamente. Como no WWW não existe suporte a composição, o MMM não tem como, a partir da mensagem-M/H, derivar automaticamente a mensagem-T. Assim, ambas têm de ser criadas pelo usuário. Para isto, a Interface de Correio fornece opções para o usuário compor o corpo da mensagem-M/H e para compor a mensagem-T correspondente a mensagem-M/H que se deseja enviar. Para compor o corpo da mensagem-M/H, a Interface de Correio chama um editor html. Para composição da mensagem-T, a Interface de Correio oferece um editor simples.

O documento hipermídia que é transmitido é composto exatamente pelos documentos referenciados no corpo da mensagem-T. Se um documento D é referenciado (através do html) em alguma parte da mensagem-M/H, mas não é incluído pelo usuário no corpo da mensagem-T, não é garantido que D esteja disponível para visualização no *site* destino, se o receptor selecionar o elo html correspondente. De um lado, isto cria um "overhead" para o usuário, que é responsável pelo gerenciamento da inclusão de referências html no corpo da mensagem-T. Por outro lado, esse aspecto fornece uma maneira de contornar a restrição de implementação imposta pelo uso do html, que exige elos entre documentos embutidos nos próprios documentos. Se a mensagem-T fosse criada automaticamente pelo sistema, todos os nós para os quais existissem elos seriam incluídos na mensagem-T e, provavelmente, a maioria não seria de interesse no contexto da mensagem-M/H.

4.2 - Arquitetura do MMM

No MMM, todas as mensagens são armazenadas como documentos WWW. Em cada *site* participante, um Servidor WWW secundário é instalado em uma porta não padrão. Esse Servidor, chamado Servidor de correio WWW (Servidor M/H na Figura 2), é usado localmente na composição e visualização de mensagens e também para a transmissão de mensagens hipermídia, como será explicado a seguir.

A Interface de Correio no MMM é baseada no xmailtool, uma ferramenta existente em ambiente UNIX-XWINDOW. O editor usado para composição da mensagem-M/H, Interface de Documentos M/H na Figura 2, é facilmente configurável nesta ferramenta através do arquivo .mailrc. Para exibição das mensagens-M/H, foram realizadas mudanças diretas no código do xmailtool, para que fosse disparado o exibidor Mosaic modificado sempre que uma mensagem MMM fosse selecionada para visualização. No xmailtool, a mensagem MMM mostrada é a mensagem-R, que consiste em um documento texto, como visto anteriormente.

A composição de mensagens é gerenciada pela **Interface de Correio (IC)**, que ativa um editor html (como por exemplo o hotmetal) para composição da mensagem-M/H. Uma vez composta a mensagem-M/H, a IC solicita ao usuário a criação da mensagem-T. Uma das informações contida no envelope é CONTENT-TYPE=X-MMM.

Finalizando a composição, o usuário solicita ao xmailtool o envio das mensagens. A transmissão da mensagem começa pela transmissão da mensagem-T. Isto é feito usando o protocolo padrão SMTP, através do programa **sendmail**.

Uma das facilidades oferecidas pelo programa sendmail é a possibilidade de ativar outro processo quando a mensagem é recebida. Tradicionalmente, isto permite respostas automáticas. No MMM, cada mensagem recebida pelo sendmail é enviada para o programa procmail, que é encarregado de verificar qual o tipo da mensagem antes de colocá-la na caixa postal do usuário. Se a mensagem tem o CONTENT-TYPE diferente de X-MMM, ela é colocada na caixa postal convencional. Se o CONTENT-TYPE for igual a X-MMM, a mensagem é armazenada na caixa postal do **Gerente de Mensagens (GM)** - Caixa Postal do SMHMS, que permanece constantemente observando se existem novas mensagens na sua caixa postal.

O **Gerente de Mensagens** é o módulo que efetivamente recupera por inteiro o documento hipermídia que está na mensagem-T. As mensagens na sua caixa postal são tratadas como se segue.

O texto html no corpo da mensagem-T é percorrido da mesma forma que em um exibidor WWW. Para cada elo encontrado no texto, o GM verifica se o documento referenciado está presente, ou não, no Servidor M/H (Servidor de Correio WWW) local. Se não, o documento é recuperado do seu site original usando http.

Uma tabela é mantida para associar nomes de documentos locais com seus nomes originais. Esta tabela, chamada **Tabela de Documentos (TD)**, é usada tanto pelo GM quando está recuperando a mensagem, como pelo "message viewer", como será discutido mais adiante. Na implementação das funções desta tabela é usada Chamada Remota de Procedimento (RPC) [2] para garantir a atomicidade de acesso. O GM procura na TD cada documento referenciado na mensagem-T, procurando pelo seu nome original. Se o documento não é encontrado, ele é recuperado e um novo par <nome original, nome local> é inserido na tabela. A TD também mantém um campo "Ocorrências" que guarda o número de vezes que um documento é referenciado por diferentes mensagens. Isto é utilizado pelo o mecanismo de "Coleta de Lixo". Toda vez que uma mensagem-R é removida, para cada documento referenciado na mensagem-M/H correspondente, o seu registro na TD é localizado e o seu campo "Ocorrências" é decrementado. Quando este campo estiver com valor zero, significa que não há mais mensagem alguma referenciando tal documento, podendo o mecanismo de Coleta de Lixo, se desejado, apagar este documento do Servidor M/H e o seu registro na TD.

A tarefa de verificar a disponibilidade de um documento referenciado no *site* local, como descrito acima, é realizada apenas se o documento puder estar presente, de acordo com os recursos do hardware disponível no *site* do usuário de destino. Esta condição é testada comparando a extensão do nome do arquivo referenciado, que no WWW convencionalmente descreve o tipo de mídia, com uma lista de "mídias com suporte disponível", fornecida por um arquivo de configuração.

Quando o GM termina de processar uma mensagem-T com sucesso, isto é, quando todos os documentos que formam a mensagem são recuperados (ou detectados como localmente disponíveis), ele armazena a mensagem recebida, chamada mensagem-R (contendo o corpo e as informações sobre o tempo de recepção, etc) na caixa postal do usuário. Além disso, todos os documentos recuperados são colocados no Servidor de Correio WWW.

Note que, pelo fato da mensagem-R ser colocada na caixa postal do usuário apenas depois que todos os documentos forem recuperados, o usuário não saberá da sua existência antes desse momento. Isto provavelmente será mudado em futuras implementações, como será discutido na Seção 5.

Finalmente, a exibição das mensagens MMM recebidas é feita também através do xmailtool. Quando o usuário seleciona uma mensagem com CONTENT-TYPE = X-MMM, o xmailtool ativa um exibidor Mosaic modificado. Elos para outros documentos são mostrados em vídeo reverso e podem ser selecionados pelo usuário. Quando isto acontece, o exibidor verifica se o documento referenciado pode ser mostrado na estação de trabalho local. Note que isto é necessário porque diferentes estações de trabalho em um dado *site* podem ter diferentes configurações de hardware e de software. Se o suporte necessário para o documento selecionado está disponível, o exibidor procura o nome local deste documento na TD. O resultado é passado para o Servidor de correio WWW local, que envia o documento a ser mostrado para o exibidor. Caso o nome local não esteja na TD, o documento é solicitado a um *site* remoto, ao custo de uma possível perda de sincronismo na exibição de composições multimídia.

Caso o documento selecionado não possa ser exibido na estação/sistema local, o usuário recebe uma mensagem avisando-o deste fato.

Na implementação corrente, o corpo da mensagem-R, armazenada na caixa postal do usuário, é exatamente igual ao corpo da mensagem-T. Isto não seria necessário, bastando ao exibidor o acesso ao primeiro nó html no corpo da mensagem. No entanto, a existência de uma lista com todos os documentos WWW contidos na mensagem permite ao exibidor realizar uma busca antecipada dos documentos, trazendo-os do Servidor local para a estação corrente, antes do usuário selecioná-los. Isto é especialmente interessante no caso de áudio e vídeo, onde a demora na transmissão pela rede (mesmo sendo local), pode inviabilizar a exibição em tempo real.

4.3 - Limitações impostas pelo WWW

A proposta SMHMS, como vimos, foi baseada em um modelo conceitual para documentos hipermídia, o Modelo de Contextos Aninhados, que suporta semântica para composição e separação dos elos da informação final. Como essas características não fazem parte do paradigma WWW, a implementação sobre o WWW sofre algumas limitações, algumas já discutidas na seção anterior.

A falta de semântica na composição significa que o sistema não pode oferecer suporte a operações em composições. Por exemplo, no HyperProp, a remoção de uma composição implica na remoção automática de todos os nós contidos na composição, se eles não são referenciados por outras composições. No WWW isto é impossível de ser realizado, pois a noção de composição pode, no máximo, ser emulada sem semântica.

No WWW, o fato de que elos são embutidos no conteúdo de nós texto significa que, quando o usuário exhibe um dado nó, todas as referências que partem desse nó serão visíveis. Se um usuário cria um texto com um certo conjunto de elos, é impossível reusar o texto base sem "herdar" todos os elos. Isto significa que é necessário replicar informação de forma a ter diferentes elos sobre a mesma informação base. Isto contraria o objetivo de minimizar o espaço de armazenamento. Note que elos definidos como componentes de uma composição não exibem tal problema. Na implementação do MMM este problema é parcialmente resolvido, pois o próprio usuário emissor indica (na mensagem-T) os documentos que ele deseja que sejam transmitidos para o destino, podendo omitir partes da mensagem que ele não deseja que estejam disponíveis no *site* de destino.

Outra limitação está no aspecto dos elos não pertencerem aos nós de composição emulados no WWW. Isto torna impossível exhibir elos (relações) conectando os documentos componentes, quando da exibição da composição, uma vez que a "composição" emulada no WWW não contém elos. Será impossível, por exemplo, a exibição dos elos ligando os nós A-B e A-C, vistos na Figura. 1, quando da exibição da composição "corpo" da mensagem-M/H.

Também pelo fato de não pertencerem aos nós de composição emulados no WWW, os elos não poderão carregar definições de sincronização temporal e espacial para apresentação dos nós componentes (como no MHEG e HyperProp), uma vez que nós em composições diferentes deverão ter sincronismos diferentes, o que é impossível realizar com elos html amarrados em nós.

5 - Considerações Finais

A implementação do MMM, uma implementação de correio M/H baseada no paradigma WWW, encontra-se operacional e publicamente disponível para a plataforma SunOS. Como o sistema se baseia em SMTP e WWW, acreditamos que esta implementação seja facilmente transportada para outras plataformas. O uso do paradigma WWW oferece uma implementação do SMHMS com suporte para várias mídias. Com isto, pode-se explorar e avaliar o modelo do SMHMS em grandes extensões. O primeiro protótipo do SMHMS, implementado sobre o sistema HyperProp, apesar de possuir um modelo conceitual bastante poderoso, por não ser amplamente disponível, nos impediu de realizar testes mais complexos.

O sistema descrito se mostra bastante satisfatório em relação aos requisitos colocados na seção 2.1. O MMM oferece suporte para plataformas com diferentes configurações de hardware, comportando-se bem tanto diante da ausência da capacidade multimídia, como diante da introdução de novas mídias. O sistema é baseado em ferramentas de correio tradicional, oferecendo, assim, uma interface homogênea e de fácil instalação. Em relação a replicação, o comportamento do sistema não é o ideal, uma vez que a intercalação de informação sobre elos nos conteúdos dos nós pode implicar em replicações desnecessárias. No entanto, o sistema mantém no máximo uma cópia de cada documento WWW por *site*, eliminando a replicação por mensagem.

Comparando a proposta do MMM com a do MIME (Multipurpose Internet Mail Extensions Standard) [3], verifica-se que ambos oferecem, cada um à sua maneira, suporte para transferência de mensagens multimídia em formato ASCII compatível com a definição proposta pela RFC 822. Porém, o MIME trata apenas da representação de dados multimídia, não oferecendo suporte algum à interligação das informações multimídia através de elos, como é característica de documentos hipermídia. O MMM além de seguir as normas definidas pela RFC 822 e aproveitar os padrões para transporte de mensagens ASCII, permite ainda a codificação e transferência de mensagens hipermídia, considerando a recuperação das informações descritas pelos seus elos e oferecendo uma ferramenta para navegação através destes elos.

Como última observação, salienta-se a pretensão de experimentar algumas variantes da implementação descrita neste artigo. Uma destas variantes seria a não antecipação de recuperação de todo o documento enviado. No modelo atual, quando a mensagem-T é processada, todos os documentos nela descritos são recuperados pelo MR. Uma alternativa seria o autor da mensagem marcar alguns nós do documento-M/H como pouco importantes ou de acesso infrequente. Dada esta marca, apenas no caso da referência a este documento ser selecionada pelo usuário receptor da mensagem é que estes nós seriam recuperados. Neste caso, estaríamos obrigando o usuário a arcar com a inconveniência de transmissão não em tempo real. No entanto, a economia de espaço e processamento resultante da não seleção desses nós poderia compensar esta desvantagem.

Bibliografia

- [1] Berners-Lee, T.; Cailliau, R.; Groff, J. "The Worl-Wide Web". *Computer Networks & ISDN Systems*, 25, 454-459, 1992.
- [2] Bloomer, J.; "Power Programming with RPC". *O'Reilly & Associates, Inc.* 1992

- [3] Borestein, N. & Freed, N. "MIME (Multipurpose Internet Mail Extensions) Part1: Mechanisms for Specifying and Describing the Format of Internet Message Bodies". *RFC 1521*, September 1993.
- [4] Crocker, D.H. "Standard for the Format of ARPA Internet Text Messages". *RFC 822*, Agosto de 1982.
- [5] Edwards, W.K.: "The Design and Implementation of the Montage Multimedia Mail System". *Proceedings of TRICOMM'91*, Chapel Hill, NC, USA, 18-19 de abril de 1991, pp 47-57.
- [6] Halasz, F. G. "Reflections on NoteCards: Seven Issues for the Next Generation of Hypermedia Systems". *Communications of the ACM*, July 1988, Vol. 31, No. 7.
- [7] MHEG. "Information Technology - Coded Representation of Multimedia and Hypermedia Information Objects - Part1: Base Notation". *Committee Draft ISO/IEC CD 13522-1*, July 1993.
- [8] NCSA "Mosaic Project (1994)", NCSA Mosaic Home Page, disponível na url <http://www.ncsa.uiuc.edu/SDG/Software/Mosaic/NCSAMosaicHome.html>.
- [9] Poggio A.; Aceves, J.G.L.; Craighill, E.J.; Moran, D.; Aguilar, L.; Worthington, D.; Hight, J. CCWS: "A computer-Based, Multimedia Information System". *IEEE Computer Magazine*, Outubro de 1985, Vol. 23, No. 10, pp. 92-103.
- [10] Postel, J.B. "Simple Mail Transfer Protocol". *RFC 821*, Agosto de 1982.
- [11] Reynolds, J.K.; Postel, J.B.; Katz, A.R.; Finn, G.G.; DeSchon, A.L. "The DARPA Experimental Multimedia Mail System". *IEEE Computer Magazine*, Outubro de 1985, Vol. 23, No. 10, pp 82-89.
- [12] Soares, Ricardo A. M. "Correio Eletrônico Multimídia/Hiperídia". Dissertação de Mestrado, Departamento de Informática, PUC-RJ, Maio 95.
- [13] Soares, R. A. M.; Soares, L. F. G. "SMHMS: Um Correio Eletrônico Multimídia/Hiperídia" *Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores*, Curitiba, Maio de 1994.
- [14] Soares, L. F. G. "HyperProp: Uma Visão Geral". *1 Workshop em Sistemas Hiperídia Distribuídos*, São Carlos, São Paulo, Julho de 1995.
- [15] Soares, L.F.G.;Rodriguez, N.L.R.; Casanova, M.A. "Modelo de Contextos Aninhados: um Modelo Conceitual Hiperídia". *Revista Brasileira de Computação*, 7(2), Janeiro de 1994.
- [16] Soares, L.F.G.; Casanova, M.A.; Colcher, S. "An Architecture for Hypermedia Systems Using MHEG Standard Objects Interchange". *Proceedings of the Workshop on Hypermedia and Hypertext Standards*, Amsterdam, The Netherlands, April 1993.
- [17] Thomas, R.H.; Forsdick, H.C.; Crowley, T.R.; Schaaf, R.W.; Tomlinson, R.S.; Travers, V.M.; Robertson, G.G. "DIAMOND: A Multimedia Message System Built on a Distributed Architecture". *IEEE Computer Magazine*, Dezembro de 1985, Vol. 23, No. 12, pp. 65-77.