

2 Sistemas via Satélite

Em sua definição, um satélite é um corpo físico que gira em torno de um grande objeto, assim como a Lua (satélite natural) que gira em torno da Terra. Existem também os satélites desenvolvidos por cientistas e engenheiros que giram ao redor de nosso planeta realizando diversas tarefas.

Os satélites são portanto, dispositivos posicionados em algum lugar no espaço e têm sua funcionalidade determinada de acordo com o tipo de aplicação para o qual foram desenvolvidos. Assim, satélites militares têm como objetivos a telecomunicação, observação, alerta avançado, ajuda à navegação, como o GPS (*Global Positioning System*), e reconhecimento.

Já os satélites voltados ao meio científico, englobam os meteorológicos, os de exploração do universo e os de coleta de dados da Terra, como exemplificado anteriormente. Os meteorológicos visam a óbvia tarefa de identificação do clima, possibilitando a prevenção de mortes por desastres naturais como furacões ou tempestades. Já os de exploração do universo, têm seu alvo voltado justamente para a exploração do espaço a fim de obter mais conhecimento da Terra, do sistema solar e do universo como um todo. Já os de coleta de dados, visam a elaboração de informações sobre fenômenos físicos, químicos e biológicos da superfície da Terra e da atmosfera, através de uma gama infinita de sensores.

Por fim, os satélites de comunicação que são utilizados na transmissão de informações (voz, dados e vídeo) por todo o mundo. Esses tipos de satélites podem ter acessos múltiplos, isto é, servir simultaneamente a diversos usuários de localidades ou mesmo de países ou continentes diferentes.

Independente do tipo de aplicação, o sinal encaminhado por um satélite pode cobrir uma área restrita sobre a superfície da Terra, como por exemplo, cobrir somente um determinado conjunto de ilhas na Indonésia. Há possibilidade inclusive de se direcionar feixes distintos para localidades distintas também. A área coberta por um satélite é também chamada de *footprint*, e é representada de maneira bastante simplificada na Figura 2.1 [53].

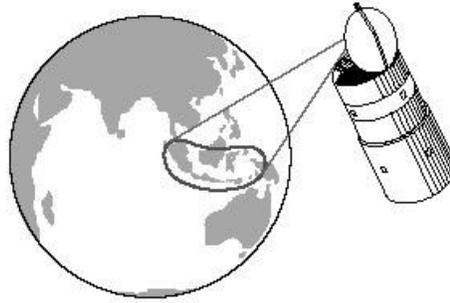


Figura 2.1 – Exemplo de *footprint*

A Figura 2.2 [53] mostra um tipo de satélite, o da empresa Boeing, modelo 376, que é utilizado principalmente para difusão de sinais de TV. A Família Brasilsat (controlada pela operadora StarOne/Embratel), assim chamado o conjunto de satélites brasileiros atualmente em órbita, utiliza este tipo de artefato.



Figura 2.2 – Exemplo satélite Boeing 376

Outros tipos de satélite da mesma empresa são apresentados na Figura 2.3 [53], como o Boeing 601 e o Boeing 702, que são responsáveis pela difusão de sinais de TV para terminais remotos com antenas de pequena abertura, tais como as do serviço oferecido pela DIRECTV ou Sky. Além deste serviço, voz, fax e dados trafegam por ele.

A título de curiosidade, um satélite como o Boeing 601 possui cerca de 4m de altura quando compactado (*stowed*) e 26m quando em operação no espaço (*deployed*), pesando aproximadamente 1.700Kg. Já os similares ao modelo 702, medem 7m compactados, 40m em operação e pesando cerca de 3.000Kg.

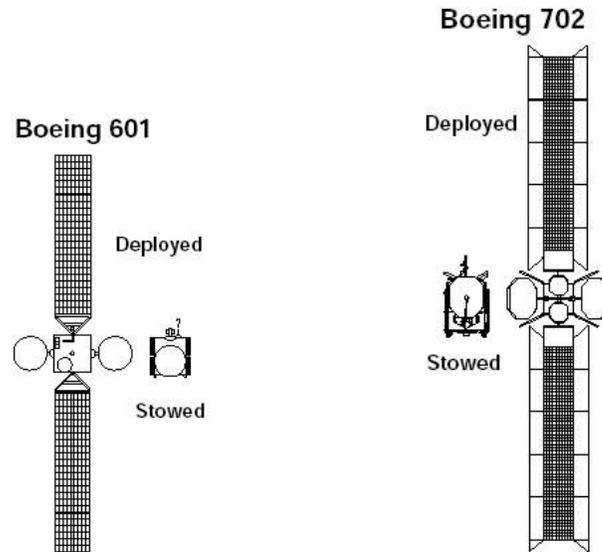


Figura 2.3 – (a) Exemplo Boeing 601 (b) Exemplo Boeing 702

2.1 Lançamento de um satélite

Um satélite é lançado por um veículo lançador que é levado ao espaço por meio de foguetes. Poucos lugares no mundo são pontos de lançamento de satélites, alguns exemplos são o Cabo Canaveral na Flórida, Kourou na Guiana Francesa, Xichang na China e Baikonur no Cazaquistão. Os melhores lugares para se lançar um satélite são próximos ou no próprio oceano pois se algum acidente ocorrer, eles caem em água e não em terra.

Para se colocar um satélite em órbita, diversas companhias de diferentes países precisam trabalhar juntas para que tudo esteja coordenado e o mais imune possível a erros durante todo o processo de lançamento.

No lançamento, os foguetes carregam o satélite até o espaço quando então se desprendem e o veículo lançador passa a direcionar os movimentos por mais algum tempo. Em seguida, ele também se solta e os motores acoplados ao próprio satélite passam a controlar sua posição, buscando colocá-lo em perfeita órbita, o que leva vários dias. No momento em que o satélite se encontra em sua posição definitiva, suas antenas e painéis solares se abrem e ele passa a entrar em operação transmitindo e recebendo sinais.

As Figuras 2.4 (a) e (b) [53], mostram diversos tipos de veículos lançadores.

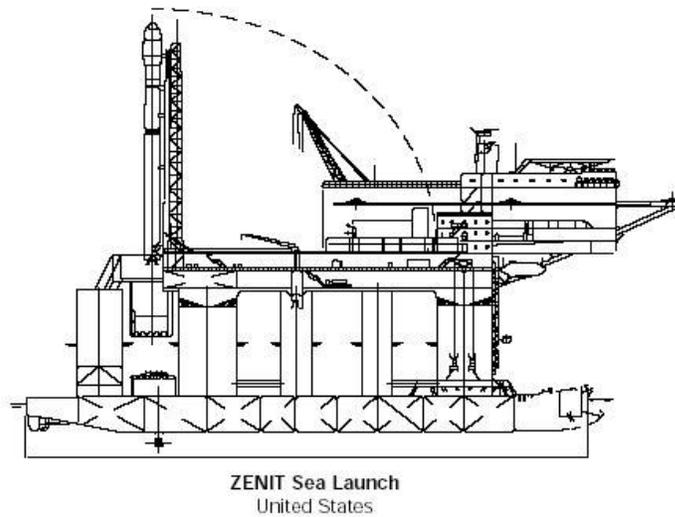


Figura 2.4 – (a) Plataforma de lançamento marítima

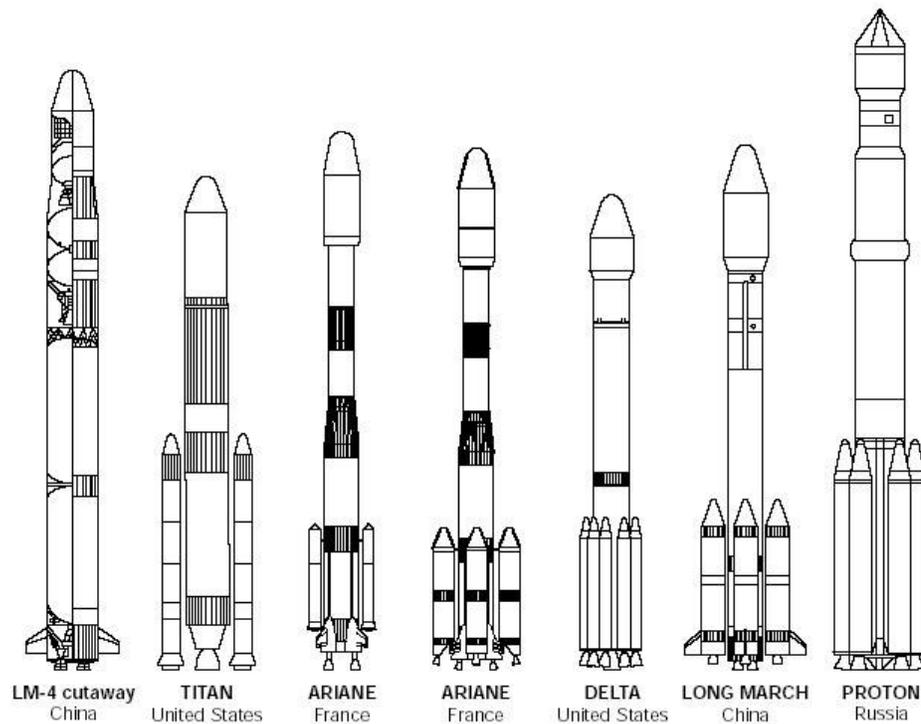


Figura 2.4 – (b) Exemplos de veículos lançadores

2.2 Componentes de um satélite

De uma forma mais técnica, podemos dizer que o satélite é uma estação repetidora de sinais provenientes da Terra. Eles são compostos basicamente por:

Subsistema de propulsão

Inclui todos os motores responsáveis pelo posicionamento do satélite em sua órbita. Os pequenos motores chamados de *thrusters* também auxiliam neste processo, pois os satélites necessitam de constantes ajustes de posição devido à presença dos ventos solares e das forças gravitacionais e magnéticas que os tiram da posição correta. Por isso, comandos vindos de uma estação de controle na Terra procuram atuar sobre esses pequenos motores.

Subsistema de potência

Gera e armazena a eletricidade em baterias, a partir da energia coletada pelos painéis solares. Fornece potência para todos os demais subsistemas, principalmente quando o Sol não está iluminando o satélite.

Subsistema de comunicação

Manipula todas as funções de transmissão e recepção de sinais vindos da Terra. Aqui estão presentes as antenas e os chamados *transponders*. Estes *transponders* são formados por um conjunto de componentes eletrônicos que realizam processamentos com o sinal, tais como sua detecção, o ganho de potência por meio do LNA (*Lower Noise Amplifier*), a filtragem, a translação de frequência e sua retransmissão. Um satélite geralmente é composto de vários *transponders* que atuam como unidades independentes de repetição, cada um ocupando uma faixa exclusiva de frequências, sendo importante para aumentar a confiabilidade e versatilidade do satélite.

Subsistema de estrutura

Corresponde à estrutura física do dispositivo satélite.

Subsistema de controle térmico

Mantém a temperatura do satélite a níveis aceitáveis para o seu correto funcionamento. O excesso de calor é eliminado de forma a não provocar interferência em outro satélite.

Subsistema de controle e posicionamento

Procura manter o *footprint* em sua correta localização. Caso a cobertura se mova sobre a superfície terrestre, a área descoberta ficará sem os serviços que para ali foram designados. Então, é necessário que este subsistema, alerte o subsistema de propulsão para acionar os *thrusters* que moverão o satélite para sua correta posição.

Subsistema de comando e telemetria

Fornece maneiras para que uma estação na Terra tenha condições de monitorar e controlar as ações de um satélite. As Figuras 2.5 [53], 2.6 e 2.7 procuram esquematizar estes conceitos.

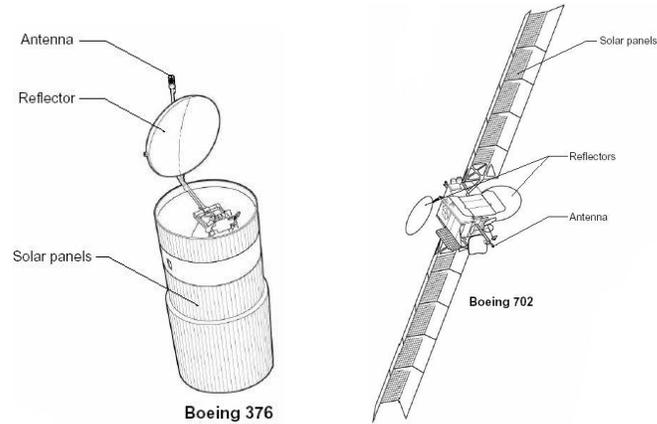


Figura 2.5 – Alguns componentes dos satélites

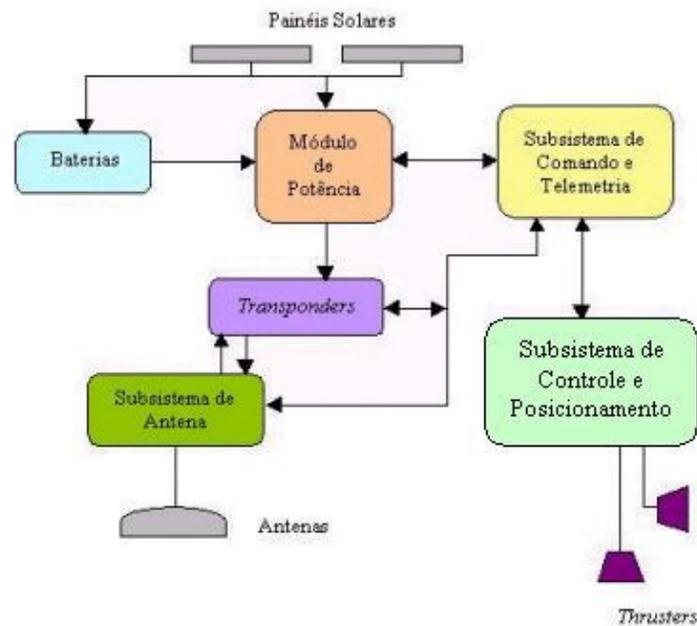


Figura 2.6: Diagrama em blocos básico do satélite

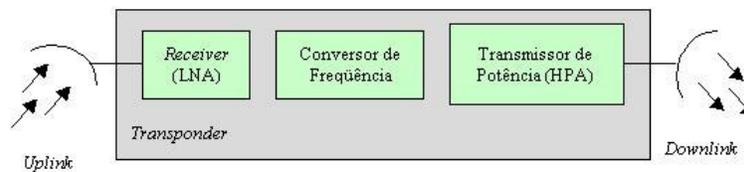


Figura 2.7: Diagrama em blocos básico do transponder

2.3 Principais órbitas para operação

Uma órbita é o caminho descrito por um objeto quando girando ao redor de outro, mantendo-se sempre a mesma distância entre eles. Desta forma, quando um satélite é lançado, ele é posicionado em uma órbita ao redor da Terra. A órbita é conseguida pois a gravidade do planeta Terra o mantém a uma certa altura da superfície terrestre. Mas não somente isto; é necessário algum controle vindo da Terra para auxiliar neste posicionamento. Com isso, existem diversos tipos de órbitas, onde as mais conhecidas são:

LEO (*Low Earth Orbit*)

Os satélites de baixa órbita são aqueles posicionados até 2.000Km da superfície terrestre e devido à sua proximidade, desenvolvem uma velocidade bastante alta, cerca de 28.000Km/h, para evitar que a gravidade da Terra os tire do percurso e os faça se chocar com a superfície. Em uma hora e meia, estes satélites completam uma volta na Terra, ou seja, um ponto na Terra consegue se comunicar com este satélite por cerca de apenas 10 minutos.

Durante muitos anos, os satélites de baixa órbita raramente foram usados em comunicações devido ao fato de que as antenas não mantinham a visada por muito tempo em um único ponto da superfície terrestre. Geralmente eram utilizados com propósitos de sensoriamento científico ou militar durante todos estes anos, mas recentemente alguns projetos, por exemplo, o Iridium os empregou.

MEO (*Medium Earth Orbit*)

Satélites que distam de 5.000Km a 15.000Km da superfície do planeta estão em uma órbita média. Neste tipo de órbita, um ponto na Terra consegue comunicações com este satélite por cerca de duas horas ou mais, pois entre 4 e 8 horas, uma volta completa é dada ao redor da Terra.

GEO (*Geostationary Earth Orbit*)

Um satélite, posicionado sobre a linha do Equador e em órbita Geosíncrona ou Geoestacionária, leva cerca de 24 horas para completar uma volta em torno do planeta, o mesmo tempo que a Terra leva para completar seu movimento de rotação. Ou seja, se estes satélites são posicionados de tal forma que giram com a mesma velocidade angular que a Terra, eles estarão portanto parados em relação à um ponto na superfície, e assim, este ponto sempre poderá se comunicar com o satélite 24 horas por dia. Esta órbita, representada

pela Figura 2.8 [55], corresponde a uma distância de aproximadamente 36.000Km da superfície terrestre.

A órbita Geoestacionária é tal que, as forças da Gravidade da Terra e a Centrífuga se equilibram mantendo o satélite a uma mesma distância da superfície, sendo necessários somente alguns ajustes de posicionamento pela Estação de Monitoração de tempos em tempos. A força da Gravidade é criada por grandes massas físicas e faz com que os objetos se aproximem dela. A força Centrífuga é aquela que força os objetos a se distanciarem da massa física sobre a qual estão girando ao redor.

O posicionamento dos satélites no espaço geoestacionário da Terra é dependente da disponibilidade de posições, chamadas de Posições Orbitais. A União Internacional de Telecomunicações (UIT) dividiu o espaço geoestacionário em 180 posições orbitais, cada uma separada da outra por um ângulo de 2° reduzindo ao máximo a interferência mútua entre elas. A utilização de frequências diferentes poderia solucionar este problema diminuindo a distância entre os satélites, porém o aumento das frequências, além de ser tecnologicamente custoso por exigir equipamentos muito específicos, também é polêmico devido aos acordos internacionais de utilização das faixas de frequências.

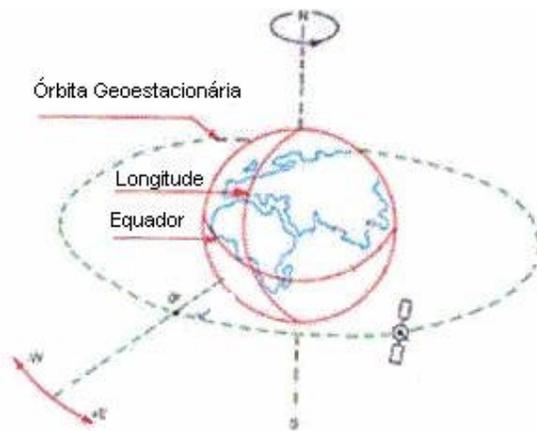


Figura 2.8: Esquema da Órbita Geoestacionária

A Figura 2.9 [51] a seguir, apresenta o posicionamento dos satélites geoestacionários ao redor do planeta Terra, com algum destaque os dispositivos da companhia Hughes.

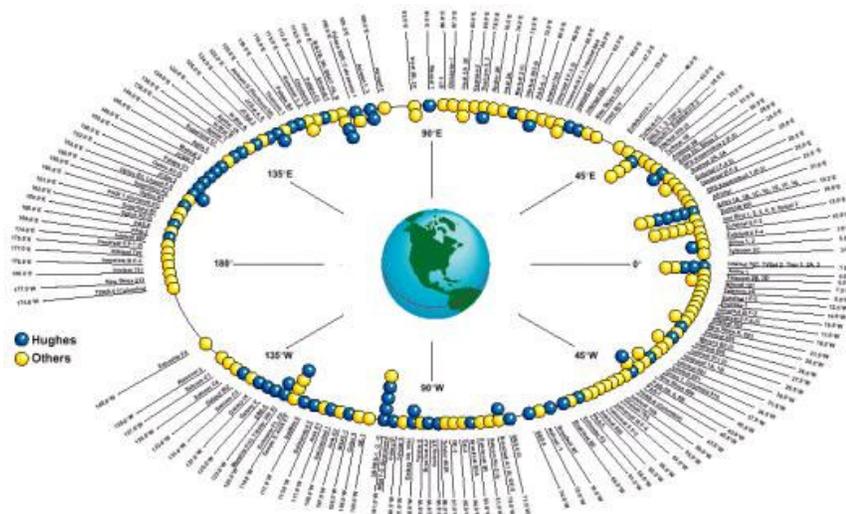


Figura 2.9: Distribuição dos satélites GEO ao redor da Terra

Existem ainda os satélites de órbita alta, ou HEO (*High Earth Orbit*). A

Tabela 2.1 abaixo procura resumir os pontos discutidos.

Classificação	Distância entre o satélite e a Terra	Vida útil do satélite
Órbita Geoestacionária – GEO	36.000 Km	15 a 20 anos
Órbita Alta – HEO	Acima de 20.000 Km	
Órbita Média – MEO	Entre 5.000 Km e 15.000 Km	7 a 10 anos
Órbita Baixa – LEO	Até 2.000 Km	

Tabela 2.1 - Classificação orbital *versus* distância em relação à Terra

A vida útil dos satélites é determinada basicamente pela quantidade de combustível nele armazenado. Este é utilizado pelos motores para correção de posicionamento, assim, quando o combustível acaba, o satélite tem sua vida útil encerrada. Na verdade, ele é posto em outra órbita e é inutilizado.

2.4

Faixas de frequências operacionais

Um sistema de comunicações via satélite é composto basicamente pelo satélite e pelas estações rádio base de origem e destino, denominadas de Estações Terrenas. Além destas, ainda podem existir estações responsáveis pelo gerenciamento da comunicação.

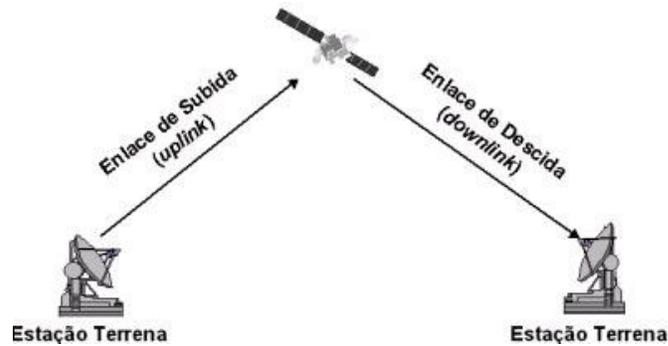


Figura 2.10: Componentes de um sistema via satélite

Os enlaces de satélite são formados por transmissões e recepções a partir das Estações Terrenas. São denominados: Enlace de Subida (*uplink*), toda transmissão que se inicia em uma Estação Terrena; e Enlace de Descida (*downlink*), a comunicação que parte do satélite. Cada um deles, opera em uma faixa de frequências apropriada, conforme a Tabela 2.2, onde se pode verificar que o *downlink* e o *uplink* operam em faixas diferentes, para que seja possível reduzir substancialmente a interferência mútua entre eles.

Banda	Faixa do <i>uplink</i>	Faixa do <i>downlink</i>	Observações Relevantes
L	1.626,5 - 1.645,5MHz 1.646,5 - 1.652,5MHz	1.525 - 1.544MHz 1.545 - 1.551MHz 1.574,4 - 1.576,6MHz	- empregada em aplicações de sensoriamento
C	5.850 - 6.425MHz	3.625 - 4200MHz	- sinais menos sujeitos a interferência de chuva - antenas de grande porte - maior interferência com sistemas terrestres - maior cobertura
X	7.965 - 8.025MHz	7.315 - 7.357MHz	- utilizada no Brasil para comunicações militares
Ku	13,45 - 14,50GHz	10,7 - 11,2GHz 11,45 - 12,20GHz	- antenas de pequeno porte - menor interferência com sistemas terrestres - menor custo por terminal - sinais sujeitos a interferência de chuva - menor cobertura
Ka	29,5 - 30,0GHz	19,7 - 20,2GHz	- antenas bastante reduzidas - alta interferência com fenômenos atmosféricos

Tabela 2.2 - Principais faixas de frequências

Cada uma destas faixas é mais recomendada a determinados tipos de aplicações, onde as frequências mais utilizadas para comunicação via satélite atualmente são as da banda C e banda Ku, que internacionalmente, é a banda mais popular pois permite cursar um tráfego com antenas transmissoras e receptoras menores que as de banda C, devido ao fato das suas frequências serem mais altas. Entretanto, pelo mesmo motivo, a transmissão em banda Ku é mais suscetível a interrupções causadas pela chuva, por exemplo. Desta forma, a banda C é mais popular em países tropicais, tais como o Brasil. Dependendo da intensidade da chuva, uma interrupção ou degradação do enlace via satélite pode ocorrer, indisponibilizando o serviço prestado. Apesar disto, com a

evolução da tecnologia de comunicação via satélite, já está sendo possível implementar enlaces em Banda Ku nesses países.

A banda C, atualmente com menos uso em novos projetos, foi a primeira a ser explorada comercialmente devido a sua cobertura ser mais ampla. Esta banda apresenta elevada interferência terrestre dificultando, principalmente, a recepção, já que os enlaces de microondas operam nesta mesma faixa.

A banda Ka, além de sofrer a interferência da chuva utiliza uma banda de frequências muito altas. Por este motivo, os equipamentos utilizados para a banda Ka são muito caros e de difícil desenvolvimento.

O maior inconveniente da transmissão satélite, o retardo de propagação, foi minimizado com códigos corretores de erro poderosos (FEC - *Forward Error Correction*), que diminuíram bastante o número de retransmissões de mensagens. A diferença básica entre transmissão de dados terrestre e via satélite é exatamente o retardo de propagação. O sinal de rádio, viajando à velocidade da luz, leva cerca de 270ms para ir da Terra ao espaço geostacionário e deste de volta à Terra. Uma aplicação que requeira uma transmissão e uma resposta associada (*acknowledgment* - ACK) leva, portanto, 540ms para ser concluída. Na prática, retardos adicionais nas Estações Terrenas envolvidas acabam levando este retardo total para cerca de 600ms.

2.5

Histórico das comunicações via satélite

A idéia dos satélites de telecomunicações apareceu pouco depois da Segunda Guerra Mundial pelo então oficial de radar Arthur C. Clarke. A idéia original propunha a colocação em órbita de três repetidores separados de 120° sobre a linha do Equador a 36.000Km de altitude. Estes repetidores teriam a finalidade de realizar a comunicação de rádio e televisão a toda parte do globo.

Devido à falta de tecnologia para o lançamento de tais equipamentos, o exército americano fez os primeiros experimentos de propagação de radiocomunicações entre 1951 e 1955 utilizando a Lua, um satélite natural, como refletor passivo. Os experimentos não obtiveram sucesso devido a grande distância existente entre a Terra e a Lua e a falta de tecnologia na época.

O primeiro satélite espacial, o Sputnik 1, realizou a primeira experiência de transmissão e recepção de sinais do espaço, enviando para Terra sinais nas frequências de 20MHz e 40MHz, o que provava a possibilidade de uma comunicação à longa distância nessas proporções. Apesar dos russos terem sido os primeiros a lançarem um satélite espacial, a História destinou à voz do

Presidente Eisenhower, a honra em ser a primeira voz a ser retransmitida do espaço. Somente no final de 1960, com a troca das baterias por células solares realizou-se uma retransmissão de dados enviados da Terra.

A partir de 1960, concluiu-se que a utilização de satélites artificiais era a melhor opção para as comunicações, sendo abandonado os experimentos dos satélites naturais. Pretendia-se que eles fossem como as torres de repetição de microondas existentes no sistema telefônico. Assim, o primeiro satélite de comunicações propriamente dito foi lançado em 1962, chamado de Telstar 1 e foi o primeiro satélite de utilização comercial. A partir disto, vários outros satélites foram lançados a fim de realizar testes, aperfeiçoamentos e comunicações intercontinentais como forma de atrair atenção e mercado, onde o Syncom 3 destacou-se por ter realizado, ao vivo, a transmissão dos Jogos Olímpicos de 1964.

Em 1965 foi lançado o Intelsat com 240 circuitos telefônicos que, apesar de ter sido projetado para funcionar 18 meses, permaneceu em operação por 4 anos. Ressalta-se que nesta época, década de 70, as antenas de comunicação com os satélites tinham 12m de diâmetro e requeriam elevada potência. No início da década de 80, as antenas ainda possuíam 7 metros e, de lá para cá, o desenvolvimento não parou, tanto no tamanho quanto nas formas de transmissão/recepção, além da compactação dos dados visando a economia de banda.

Ainda nos anos 80, uma companhia americana, a Equatorial, lançou no mercado, com grande sucesso, um sistema de comunicações de dados via satélite unidirecional permitindo a recepção de uma portadora com taxa de informação de 19,2Kbps, em antenas parabólicas de apenas 60cm de diâmetro. Utilizando transmissão satélite em banda C, este feito só foi possível graças ao uso de uma tecnologia de uso militar conhecida como *Spread-Spectrum*, ou Espectro Espalhado. Nos sistemas de comunicações convencionais sempre se busca transmitir mais informação em menos faixas de frequências pois desta forma maximiza-se a eficiência da rede, reduzindo os custos referentes ao segmento espacial. Na modulação *Spread-Spectrum* acontece o oposto, pois ao se dividir cada bit em um certo número de *chips* (de menor duração que o *bit*), aumenta-se o espectro de frequências com o intuito de tornar o sinal transmitido mais imune a interferências intencionais, que ocorrem em aplicações militares. Para a aplicação satélite referida acima, o principal problema, resolvido com o emprego da modulação *Spread-Spectrum*, foi o do estabelecimento de um enlace com uma antena das proporções mencionadas, num cenário de

interferência provocada por satélites adjacentes que interferem mais em antenas de pequeno diâmetro.

Por volta de 1984, a mesma empresa Equatorial lançou um novo sistema, bidirecional, consistindo de uma estação central de grande porte chamada de HUB ligada à estações remotas, com diâmetros de 1,2m, capacidade de transmissão de até 9,6Kbps e capacidade de recepção de 156Kbps. Neste sistema, tirou-se proveito de outra característica da modulação *Spread Spectrum*: sua capacidade de múltiplo acesso que leva o nome de CDMA (*Code Division Multiple Access*), e permite a identificação de cada estação através de um código específico inerente ao processo de modulação.

Em meados da década de 80, apareceu o acrônimo VSAT, para designar estações terrenas de satélite com antenas de abertura reduzida, tipicamente inferiores a 2,4m de diâmetro, que normalmente se comunicam com uma estação HUB, com antenas de até 6m. Inicialmente usado apenas como marca por uma empresa fabricante, este nome ganhou posteriormente uso geral na designação de micro estação.

A expansão das telecomunicações no Brasil começou com a família de satélites Brasilsat lançados pela Embratel a partir de 1985. Esses e outros satélites tiveram e ainda têm participação essencial na interligação de todo o território nacional, levando a televisão, a telefonia e a comunicação de dados aos quatro cantos do país, possibilitando a expansão da Internet e colocando ao alcance de todos um universo de serviços.

No Brasil, no final da década de 80, iniciou-se o uso pelo segmento bancário de redes VSAT. Soluções nas quais o cliente investe na estação HUB, instalada em suas dependências, e nas micro estações, com transmissão por satélite em banda C. Esse tipo de solução foi oferecida pela Embratel através de sua frota de satélites. Em 1991, a Embratel iniciou a operação de uma estação HUB compartilhada com tecnologia TDMA, localizada inicialmente no Rio de Janeiro e depois transferida para São Paulo. Nesta outra modalidade, há um compartilhamento da estação HUB e das portadoras *outbound* e *inbound* entre vários usuários. Hoje, já existem no país, VSATs interligadas à estações HUB no exterior, utilizando satélites em Banda C da organização Intelsat. Mais recentemente, a Embratel passou a oferecer outras modalidades de serviços em banda Ku, através de segmento espacial contratado à Intelsat, embora sem cobertura em todo o território nacional, permitindo a entrada em operação da primeira rede VSAT nessa banda de frequências adquirida por uma grande indústria do setor automotivo. Acordos com países da América Latina estão

sendo negociados, o que ampliará a utilização transfronteira de redes VSAT a partir do Brasil, como o que está sendo feito pela operadora de satélites Star One/Embratel.

As redes VSAT passaram a disputar o mercado de comunicação de dados até então ocupado por sistemas terrestres de linhas dedicadas e de comutação de pacotes. Atrasos na disponibilização e baixa qualidade das linhas de comunicação de dados terrestres, muitas vezes a não existência das mesmas e ainda a dificuldade em fazer negócio com mais de um provedor de serviço eram e continuam sendo, motivos determinantes na opção por redes VSAT.

Com o novo cenário de competição que se configura com a entrada da Hispamar como concorrente à Star One/Embratel, aguarda-se um grande aumento no número de redes VSAT operando no país. Deve-se esperar também que a tecnologia se desenvolva no sentido de taxas de bits mais elevadas, adequando-se às novas técnicas de transmissão, protocolos, perfis de tráfego e aplicações. [3]

2.6 **Sistemas VSAT**

A respeito das Redes VSAT em si, existem três tipos de topologia: Estrela, a *Mesh* e a Híbrida. Na Topologia Estrela da Figura 2.12, todos os terminais VSAT estão conectados a uma grande Estação Terrena denominada HUB, ou *Master*, que age como um grande *hub* (das redes LAN), ou seja, não é possível que uma VSAT se comunique com outra sem que o tráfego passe pela HUB. A Figura 2.11 [55] ilustra a HUB, o satélite e o terminal remoto. Para existir uma comunicação VSAT-VSAT, devem ser utilizados dois saltos (duas subidas e duas descidas ao satélite). Isto representa um inconveniente: o dobro do retardo para esta comunicação deve ser computado quando comparada à de único salto. Esta estação central contém toda inteligência para controlar a operação, a configuração e o tráfego da rede. É função também da HUB, armazenar informações referentes ao desempenho, *status* e níveis de atividade de cada terminal VSAT. É possível dizer ainda que se trata de uma topologia estática, porém flexível no sentido operacional. Em termos econômicos, esta topologia somente se torna viável para um grande número de estações.

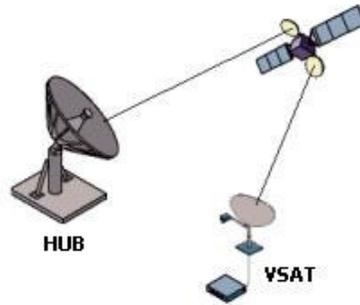


Figura 2.11: Arquitetura convencional para redes VSAT

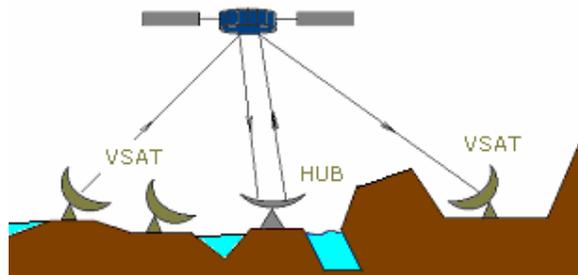


Figura 2.12: Topologia em Estrela



Figura 2.13: Estação Terrena ou Teleporto onde a HUB fica localizada

A Figura 2.13 acima, retrata uma fotografia registrada em 2005 da Estação Terrena de Guaratiba no Rio de Janeiro, administrada pela StarOne/Embratel. Uma estação como esta abriga todas as funções de gerência de uma rede via satélite.

A Topologia *Mesh* ou Topologia *Hubless Full-Mesh* permite que todos os terminais comuniquem diretamente entre si sem necessidade da existência de uma HUB, a não ser para desempenhar funções de gerência. Esta topologia, já com inúmeras redes espalhadas pelos continentes, obriga as estações remotas a possuírem antenas maiores e com capacidade para transmitir sinais com maior potência diretamente através do satélite. Essa topologia é mais recomendada na comunicação VSAT-VSAT para aplicações como a voz, onde o retardo é um fator determinante para a definição da qualidade da comunicação. Embora existam exemplos de sistemas VSAT sem HUB por comutação de pacotes, os

mais comuns no mercado utilizam comutação de circuitos, com canais do tipo *bit pipe*, sem portanto emulação de protocolos. Pode-se dizer que esta topologia age de forma dinâmica e é bem mais flexível que a Topologia em Estrela. Ela se torna mais econômica com um pequeno número de estações terminais.

A Topologia Híbrida permite que um grupo de VSATs se comunique através da topologia em Estrela e outro grupo através da topologia *Mesh*, sendo bastante útil quando determinado grupo de terminais têm muito mais demanda de tráfego entre si, ao contrário do que ocorreria com os outros terminais.

2.6.1 Componentes de um sistema VSAT

O primeiro e mais crítico componente do sistema VSAT é sem dúvida o satélite. Caso haja algum problema nos seus painéis solares ou no controle do seu sistema de geonavegação, simplesmente não haverá comunicação. Os satélites modernos são compostos por dezenas de *transponders* cada, onde a largura de banda de cada um deles pode ser combinada de diversas formas, desde que se mantenha o limite do *transponder*.

A Figura 2.14 [54] apresenta um diagrama dos componentes de uma rede VSAT de a Figura 2.15 mostra em algum detalhe, os componentes de um terminal VSAT.

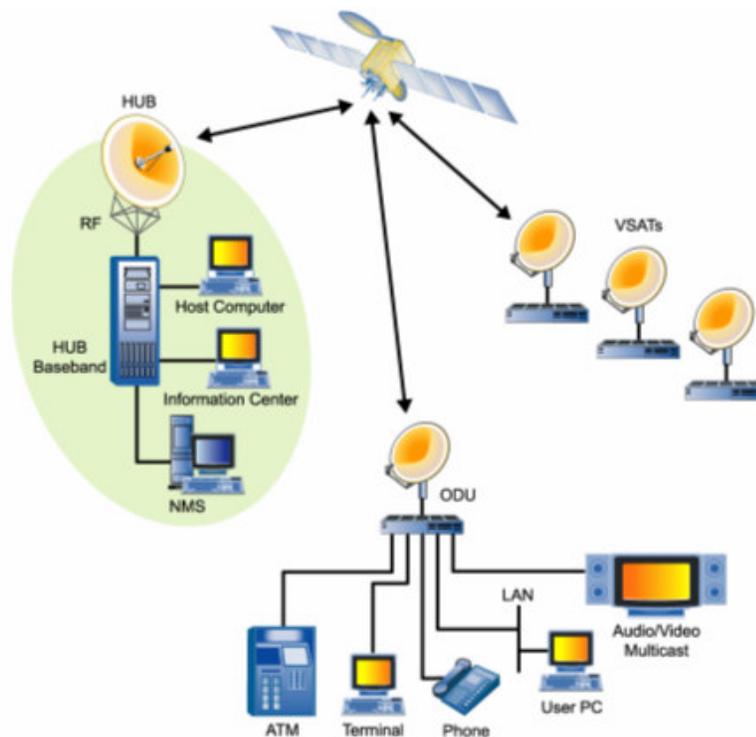


Figura 2.14: Componentes da rede VSAT

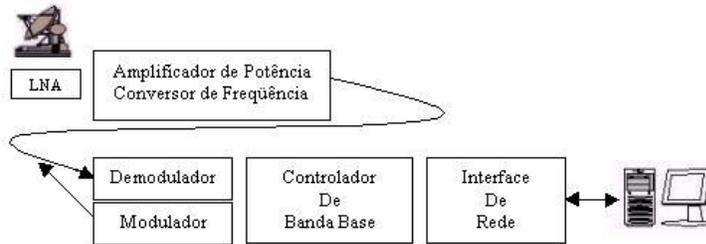


Figura 2.15: Componentes de um terminal VSAT

Um terminal VSAT consiste tipicamente de uma antena, equipamentos externos (*outdoor unit* - ODU), cabos e conexões e equipamentos internos (*indoor unit* - IDU). A antena e a ODU realizam a conversão em frequência e amplificação do sinal de *uplink* (*Power Amplifier* - PA e *Frequency Converter*) e o de *downlink* é realizado pelo módulo LNA. A função da IDU, de uma maneira genérica, é fornecer a interface para carregar os serviços do usuário. Além disso, existe o bloco *Base Band Controller* que limita o *uplink* e o *downlink* da comunicação. O modulador e o demodulador também fazem parte da IDU. O consumo de energia para o funcionamento das estações VSAT é muito baixo e em alguns casos a própria energia solar pode ser utilizada para alimentar esses terminais. A IDU se conecta à ODU por meio de cabos coaxiais, cuja distância máxima varia de 50 a 100 metros, e onde a transmissão é feita na Frequência Intermediária (FI), geralmente na faixa de 2GHz.

Com relação à HUB, alguns computadores estão ligados fisicamente a ela. O primeiro deles é o *Host Computer*, com função de fornecer a informação necessária às estações ou conectá-las a uma rede externa. O *Information Center* é utilizado para guardar as informações dos clientes podendo ser convertido para uma estação junto à HUB. E, por fim, o NMS (*Network Management System*) utilizado pelo gerente da rede. Através do NMS pode-se controlar os limites dos canais, o uso, a performance e o tráfego, além de executar diagnósticos e gerar relatórios estatísticos para cada terminal. A estação principal, HUB, dispõe de uma antena maior e é capaz de se comunicar com todas as estações VSAT remotas dos usuários, coordenando o tráfego entre elas. A estação HUB também se presta como ponto de interconexão para outras redes de comunicação, como a Internet, redes corporativas ou ainda redes de voz.

2.6.2 Principais técnicas de acesso

Em todos os sistemas no sentido HUB-VSAT (*outbound*), são utilizadas portadoras conduzindo um canal TDM estatístico, tal como numa rede de

pacotes terrestre. No sentido contrário, VSAT-HUB, cada esquema de múltiplo acesso define as características do canal *inbound*, ou seja, os protocolos de acesso ao satélite descrevem a forma com que os terminais irão acessar os recursos de banda do satélite.

Para que as comunicações aconteçam entre as VSATs e a HUB, é preciso que a uma estação VSAT esteja associado um canal de RF (Rádio Frequência). Essa associação pode ser permanente ou por demanda, variando dinamicamente. Quando a associação é permanente, existe um canal fixo para cada VSAT e temos o método de alocação do tipo PAMA (*Permanent Assignment Multiple Access*) ou Acesso Múltiplo com Alocação Permanente. Sua desvantagem pode estar no desperdício da banda alocada a uma VSAT que pode não estar transmitindo a todo momento. Quando a alocação é dinâmica existe um *pool* de canais administrados pela estação HUB do qual são alocados os canais para cada VSAT na medida em que são solicitados e para o qual são liberados ao término do uso. Neste caso, temos o método de alocação DAMA (*Demand Assignment Multiple Access*) ou Acesso Múltiplo com Alocação por Demanda.

Seja a alocação de canais PAMA ou DAMA, existe uma variedade de métodos de acesso e compartilhamento de canais que estão relacionados diretamente com a performance de uma rede VSAT. Uma rede bem dimensionada deverá utilizar portanto, protocolos específicos para alcançar a maior performance para uma determinada aplicação, enquanto minimiza a banda requerida no satélite.

As técnicas de acesso no sistema VSAT são muitas, variando de fabricante para fabricante. As principais delas são o Aloha, Slotted-Aloha, DAMA, TDMA, FDMA e CDMA. Códigos corretores, mencionados anteriormente, como o FEC com taxas de 1/2 ou 3/4 e detectores de erros são freqüentemente usados nas técnicas de acesso para auxílio na correção de erros, ambos através de redundância. Novamente, a técnica de acesso está intimamente ligada à aplicação e topologia utilizada.

Utilizando-se o *Aloha*, quando um dado terminal tem um quadro, ele transmite instantaneamente, mesmo se o canal estiver sendo utilizado. O terminal, em seguida, “ouve” o meio e caso perceba que este está ocupado, respeitando o tempo de atraso inerente, ele assume que a mensagem foi enviada com sucesso. Caso contrário, ele aguarda um tempo aleatório para retransmitir o quadro. Alguns sistemas reconhecem se o quadro foi devidamente transmitido por meio de um ACK vindo da HUB.

O *Slotted-Aloha* é uma versão melhorada do *Aloha* simples e tem como objetivo fazer com que as colisões se sobreponham o máximo possível. O método utilizado foi fazer com que as transmissões dos quadros só possam ocorrer em períodos determinados, denominados de *slots*. Assim, um quadro não pode interferir com outro que já esteja na metade de sua transmissão. Os *slots* são de iguais períodos de tempo e este sistema praticamente dobra a eficiência em relação ao anterior. A sincronização dos *slots* se dá através do *clock-master* da HUB, que considera assim, as diferentes distâncias dos terminais.

O TDMA (*Time Division Multiple Access*) permite que os usuários acessem a capacidade alocada no *transponder* através do compartilhamento de tempo, onde a cada instante um terminal utiliza os recursos disponíveis para realizar sua comunicação, sendo o método mais utilizado nas redes VSAT comerciais. A variante mais utilizada dentro desta técnica é o TDMA-DA (*Demand Assignment*) onde a HUB fica responsável por alocar o *slot* para cada terminal VSAT de acordo com a transmissão previamente requerida. Com esta tecnologia é possível atender a vários tipos de perfis de tráfego de usuário, desde o mais interativo até as simples transferências de arquivos.

O FDMA (*Frequency Division Multiple Access*) consiste na técnica de acesso mais simples e utiliza diferentes portadoras na transmissão dos diferentes canais possibilitando a transmissão simultânea sem prejuízo por interferência. Assim, obtém-se para cada *transponder* a divisão em frequência dos canais. O esquema FDMA se apresenta extremamente ineficiente em termos de ocupação de segmento espacial para tráfegos interativos.

Nas redes VSAT que utilizam CDMA (*Code Division Multiple Access*), cada terminal recebe um número pseudo-aleatório único utilizado para codificar e decodificar suas transmissões. Várias VSATs podem transmitir simultaneamente na mesma frequência, sendo os sinais separados na recepção pela HUB. A transmissão da HUB também é codificada da mesma forma, porém um único código é atribuído a ela, o que permite a recepção por todos os terminais. O CDMA se caracteriza por ser um método ineficiente de se usar a capacidade do satélite, no entanto tem grande resistência a interferências externas além de gerar menos interferência que os outros métodos.

Por fim, no DAMA (*Demand Assignment Multiple Access*), quando um terminal VSAT deseja realizar uma transmissão, este terminal requisita um *slot* no tempo ou frequência. A atribuição do *slot* ou frequência somente é concretizada após a conclusão da transmissão. Esta técnica de acesso por

demanda é a técnica utilizada para os serviços de telefonia convencional garantindo uma qualidade mínima do serviço, pois as portadoras são assumidas aos pares, uma para o sentido HUB-VSAT e outra no sentido VSAT-HUB. Redes que implementam esse tipo de técnica são normalmente usadas para oferecer circuitos de voz. A Figura 2.16 [56] ilustra esta rede.

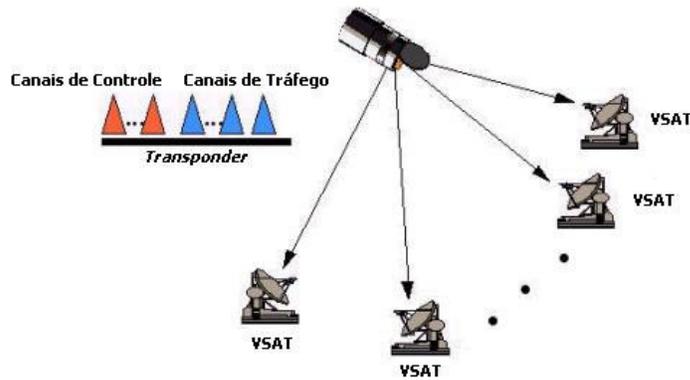


Figura 2.16: Rede VSAT DAMA/SCPC típica

Uma combinação das técnicas TDMA e FDMA, a FTDMA (TDM/TDMA) é a mais utilizada para acesso à rede satélite e sua representação é a da Figura 2.17 [56]. Uma portadora única, formada pela multiplexação de todos os pacotes que serão direcionados para as diferentes VSATs na rede, é utilizada para envio da informação da HUB para as VSATs. Cada VSAT é capaz de receber todo o tráfego do *outbound*, mas ela é limitada a decodificar somente os pacotes destinados a ela. O enlace VSAT-HUB é composto por diversas portadoras *inbound* onde seu número é dependente do tamanho da rede a qual é acessada pelas VSATs em uma determinada frequência e em um determinado tempo. Nessa técnica, antes dos dados serem transportados pela rede, eles devem ser empacotados, cada pacote contendo um endereço que identifica um terminal dentro do domínio de um sistema VSAT. O receptor (VSAT ou HUB) deve reconhecer o correto recebimento do pacote. Se algum ruído, colisão ou outro evento corromper o mesmo, o receptor impedirá que ele chegue ao destino e não enviará uma confirmação. O pacote portanto, deverá ser retransmitido no próximo período de tempo permitido.

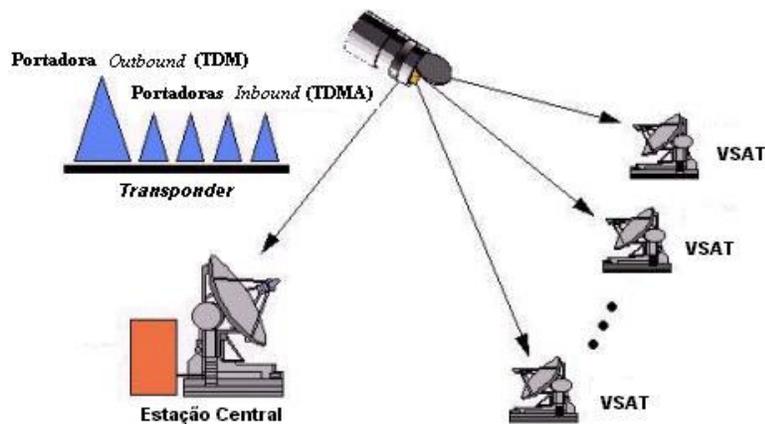


Figura 2.17: Esquema de rede VSAT TDM/TDMA típica

2.6.3 Aplicações das VSATs

As aplicações que podem ser oferecidas pela tecnologia VSAT, podem ser classificadas da seguinte forma:

One-way

Corresponde a aplicações mais simples e comuns onde voz, vídeo e dados são transmitidos a partir da estação *Master*, e recebidos pelos diversos terminais distribuídos pela área de cobertura de um satélite. Desta forma, poderíamos pensar que qualquer terminal VSAT não autorizado seria capaz de receber este sinal, porém, a operadora da rede pode controlar o acesso a essas aplicações, restringindo-as somente a um grupo de interesse. Exemplos de aplicações atendidas via *broadcasting* (sem restrição de destino) ou ainda *multicasting* (com restrição de destino) são difusão de vídeo (eventos ao vivo), áudio, arquivos, etc.

Two-way

Permitem aplicações que utilizam os dois sentidos de comunicação. Aplicações estas, que podem ser serviços de dados, voz ou até mesmo de vídeo interativo, ou conferência. Este último, atendendo a localidades não cobertas por infra-estrutura da Rede Pública de Telefonia, tipicamente as rurais, como mencionado no início deste texto. Uma única linha de voz pode ser transmitida por meio de uma VSAT ou até mesmo um conjunto delas, terminando em seguida em um PABX no site do usuário/cliente.

2.6.4 Vantagens e desvantagens da tecnologia VSAT

Sem dúvida que poder transmitir informações para vários usuários separados a quilômetros de distância de uma forma tão rápida é, e continuará

sendo uma vantagem sobre qualquer outro meio de comunicação. Aplicações militares para esta tecnologia não faltam, já que guerras sempre ocorreram e, pelos recentes fatos, continuarão ocorrendo espalhadas por todo o globo. Porém, o uso de ondas eletromagnéticas em uma transmissão, ainda mais envolvendo áreas enormes, traz um ponto à discussão: a segurança. Mesmo em sistemas que possuem os focos das antenas dos satélites pontuais, não são raras as transmissões que usam encriptação para garantir que somente pessoas autorizadas tenham acesso aos dados transmitidos. No entanto, existem problemas a serem tratados como os efeitos atmosféricos, que afetam de forma diferente as diversas bandas de transmissão, e o retardo de propagação que afeta principalmente as aplicações que exigem respostas em tempo real, tal como a voz.

Depois de mencionados alguns problemas presentes nos sistemas VSAT, podem ser abordadas as suas vantagens, a começar pela rapidez. Relatos de instalações práticas mostram que redes VSAT podem ser implementadas em poucos dias. Isto se deve a uma característica importante dos sistemas, o amadurecimento e a não utilização de um meio físico fixo. Além de vários problemas já terem sido detectados e solucionados, o amadurecimento de uma tecnologia traz a vantagem do custo menor. Como custo, tempo e conhecimento dos problemas são fatores importantes em aplicações comerciais, uma comparação, analisando estes tópicos, sempre deve ser feita entre tecnologias.

Além dessa vantagem, pode-se ainda destacar seu menor custo diante de enlaces dedicados terrestres; a grande variedade de aplicações de dados, voz e vídeo; a alta escalabilidade; sua insensibilidade quanto à distância entre a VSAT e a HUB e, por fim, a eliminação do problema da última milha.

Levando-se em consideração que localidades mais distantes são sempre deixadas para segundo plano no que diz respeito a comunicações, unidades fabris e pequenos aglomerados rurais sempre podem contar com este meio de transmissão. Localidades insulares com pouca infra-estrutura e veículos de mobilidade intercontinental são possíveis candidatos a possuírem VSAT.