

3.

HSCSD (High Speed Circuit Switched Data)

Nos últimos anos é notado um crescente interesse por serviços de dados a altas taxas de transferência na rede celular. Isto é ocasionado pela atual disponibilidade do acesso rápido em banda larga fornecido pelos padrões ISDN (*Integrated Services Digital Network* – Rede Digital de Serviços Integrados - RDSI) e ADSL (*Asymmetrical Digital Subscriber Line*) no serviço fixo.[8]

Como apresentado na tabela 4, o padrão GSM para a Fase 1 admitia serviços de dados com comutação por circuito a taxas de até 9,6 kbps por *slot*. Contudo, estes serviços não eram utilizados em larga escala em virtude da baixa taxa de transferência, da não-confiabilidade na transmissão de dados e do tipo de tarifação do serviço [7].

Por estas razões a ETSI propôs na Fase 2+ do padrão GSM o HSCSD (*High Speed Circuit Switched Data* - Transmissão de Dados Comutados por Circuito em Alta Velocidade), que é um melhoramento do serviço de dados do GSM Fase 1 e provê aos usuários taxas superiores a 9,6 kbps.

O HSCSD habilita a co-alocação de múltiplos canais de tráfego *full rate* (TCH/F9,6) para um único usuário. O seu objetivo é prover uma mistura de serviços (voz e dados sobre a mesma interface) com diferentes taxas de transferência na interface aérea (*Um*) utilizando a estrutura física dos canais de tráfego do GSM.

A capacidade disponível de uma configuração HSCSD é da ordem de várias vezes a capacidade de um canal de tráfego *full rate*, levando a um significativo aumento da taxa de transferência na interface aérea [9] e [10].

3.1. Arquitetura HSCSD

A figura 4 ilustra a arquitetura de rede necessária para a operação do GSM HSCSD com o conceito de co-alocação múltipla de canais.

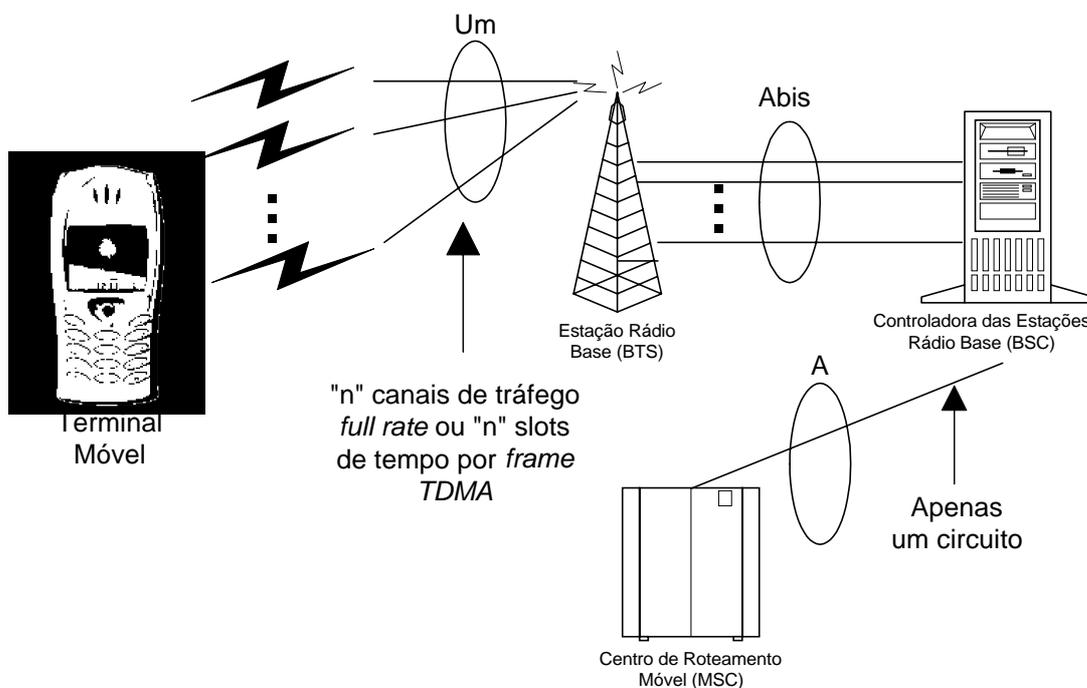


Figura 4 - Arquitetura da Rede Necessária para a Operação do HSCSD [10]

No HSCSD o terminal móvel possui a função de divisão e combinação dos dados a serem transmitidos na interface aérea, quando a chamada for originada por ele. Os dados são enviados, de forma independente, através de *slots* em um mesmo *frame TDMA* até a BSC, onde serão novamente recombina-

dos. Em uma chamada terminada² no terminal móvel, a BSC é a responsável pela divisão e combinação dos dados.

Na teoria, um único usuário pode transmitir dados utilizando, no mínimo um e no máximo oito *slots*, mas na prática este valor não excede quatro *slots*. Isto porque os terminais móveis aquecem em demasia quando utilizam vários *slots* sucessivos, o que pode queimá-los, além de consumir bateria em excesso. Um outro motivo é a existência de um incremento considerável na probabilidade de

² A palavra 'Terminada', neste contexto, significa 'destinada a alguém ou a algo'.

bloqueio das ligações quando da utilização de vários *slots* para a transmissão de um único usuário.

Para a transferência de dados sobre interface *Um* são disponibilizadas taxas distintas de transferência máxima por usuário, dependendo do tipo de protocolo utilizado na conexão. Utilizando o protocolo ISDN V.110 [11], o usuário terá uma taxa máxima de transferência de 9,6 kbps por *slot*, perfazendo o total de 38,4 kbps caso utilize 4 *slots* por transmissão. Utilizando o protocolo ISDN V.120 [12], o usuário terá, por *slot*, uma taxa máxima de transferência de 14,4 kbps, perfazendo o total de 57,6 kbps se novamente utilizar 4 *slots* por transmissão.

A alocação de multi-*slots* para o tráfego de dados depende de alguns fatores[7]:

- O plano de serviço para transmissão de dados contratado pelo assinante;
- A capacidade da interface aérea;
- O tráfego na rede;

Para prover uma melhor codificação e utilização do canal rádio, o HSCSD faz uso da ALA (Automatic Link Adaptation – Adaptação Automática do Enlace), tecnologia que controla automaticamente níveis de potência e seleciona a melhor codificação do canal para as condições de rádio disponíveis durante a transmissão de dados.

Existem dois tipos de configuração HSCSD: assimétrica e simétrica. Para ambos os casos os canais podem ser alocados utilizando *slots* de tempo consecutivos ou não dentro do mesmo *frame TDMA*, levando em conta as restrições definidas pela classe do terminal móvel.

Um exemplo da operação HSCSD com dois *slots* consecutivos é mostrado na figura 5:

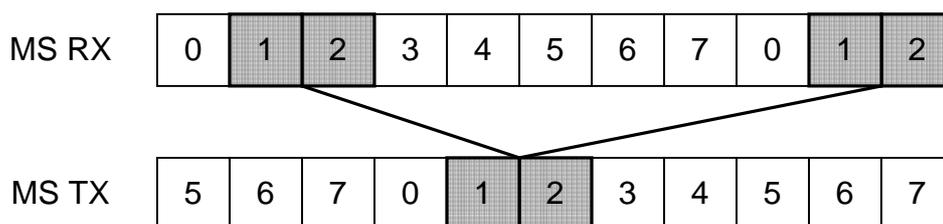


Figura 5 - Operação com 2 *slots* consecutivos

Uma configuração HSCSD simétrica consiste em um canal FACCH bidirecional e canais TCH/F e SACCH bidirecionais co-aloçados. Uma configuração assimétrica consiste em um FACCH bidirecional e canais TCH/F e SACCH unidirecionais ou bidirecionais co-aloçados.

Um canal bidirecional é um canal no qual há transferência de dados tanto no *uplink* quanto no *downlink*. O canal unidirecional é um canal no qual os dados são transferidos somente no *downlink*.

Na configuração HSCSD simétrica o nível de sinal individual e a qualidade de cada canal são verificados constantemente. Na configuração assimétrica, entretanto, esta verificação só ocorre nos canais aos quais os SACCH's estão associados.

As chaves de criptografia são usadas individualmente em cada canal e são calculadas seguindo procedimento usual do GSM, derivadas do K_c .

As mesmas seqüências de treinamento e *frequency hopping* são usadas para todos os canais da configuração HSCSD. Isto também vale para o esquema de codificação de TCH/F14,4 e TCH/F9,6. A troca entre os diferentes esquemas de codificação de canais é provida por procedimentos específicos, incluídos no ALA.

3.2. Transmissão de Dados em Chamadas Transparentes

Na transmissão de dados em chamadas transparentes, os *frames* de dados HSCSD transportam um fluxo ordenado de dados, assegurando assim a ordem dos canais durante a transmissão sobre a interface aérea do GSM.

Nenhum mecanismo de retransmissão de pacotes perdidos ou corrompidos é implementado para este tipo de chamada.

O HSCSD também admite taxas de usuário que não são múltiplos das taxas providas por um canal de tráfego *full rate* (TCH/F). Neste caso, se a taxa de transferência selecionada pelo usuário for menor do que a taxa total que pode ser alcançada com os TCH/F reservados, então os dados do usuário são colocados nos primeiros '*n-1*' canais do *frame* e o restante do mesmo é preenchido com bits sem significado. Este mecanismo é chamado de *padding*.

3.3. Transmissão de Dados em Chamadas Não-Transparentes

O modo de chamadas não-transparente do HSCSD faz uso do RLP (Radio Link Protocol – Protocolo do Enlace Rádio) e do L2R (Layer 2 Relay – transmissão na 2^a camada). O RLP provê retransmissão de quadros corrompidos ou perdidos. Além disso, provê a função adicional de garantir que os quadros recebidos cheguem em sua correta ordem no local de destino.

3.4. Procedimentos para o Estabelecimento de Chamadas HSCSD

Uma chamada pode ser classificada em transparente ou não-transparente. As diferenças entre estes dois tipos de chamada são:

- A chamada não-transparente pode modificar a configuração HSCSD durante o decurso da chamada ou em um processo de *handover* até o valor máximo de canais determinados no processo de configuração da chamada. A chamada transparente não pode modificar a configuração HSCSD em hipótese alguma;
- A codificação dos canais também pode ser alterada para chamadas não-transparentes, desde que autorizadas pelo terminal móvel e pela rede. A recíproca não é verdadeira para chamadas transparentes;
- Em chamadas transparentes não existe mecanismo de retransmissão dos dados que foram perdidos ou corrompidos durante o percurso de envio. Para chamadas não-transparentes existe este mecanismo, descrito em 3.3.

3.4.1. Estabelecimento da Chamada Originada pelo Terminal Móvel

Na originação da chamada, o terminal móvel envia um conjunto de parâmetros descrevendo as características HSCSD desejadas para que a rede possa alocar os recursos necessários à transmissão.

Os parâmetros transmitidos pelo terminal móvel para usuários transparentes e não-transparentes são:

- Parâmetros de configuração do modem (OMT);
- Taxas de Codificação do canal aceitáveis (ACC);
- Número máximo de canais de tráfego (Max TCH/F);

Para chamadas não-transparentes (UNT), além dos parâmetros descritos acima, são enviadas também:

- A indicação de modificação da taxa do usuário (UIMI);
- A taxa de transmissão desejada pelo usuário na Interface Aérea (AIUR).

Em resposta, a rede envia ao terminal móvel, através dos procedimentos de configuração da chamada, a confirmação dos valores de todos os parâmetros solicitados, garantindo ao terminal móvel a reserva dos recursos necessários a sua transmissão.

A figura 6 descreve o procedimento para o estabelecimento da chamada originada pelo terminal móvel.

A MSC requisita a BSC alocar os canais utilizando as características HSCSD enviadas durante a fase de configuração. Baseados nestes parâmetros e na disponibilidade de recursos pela operadora, a BSC determina o número de canais possíveis, reservando-os para o usuário de dados. Para cada canal é efetuado um tipo diferente de codificação e esta é enviada ao terminal móvel após a alocação dos recursos.

Após a confirmação, pelo terminal móvel, do recebimento dos canais para a transmissão HSCSD, o BSS informa a MSC da configuração escolhida e esta deve gerenciar os recursos adequadamente.

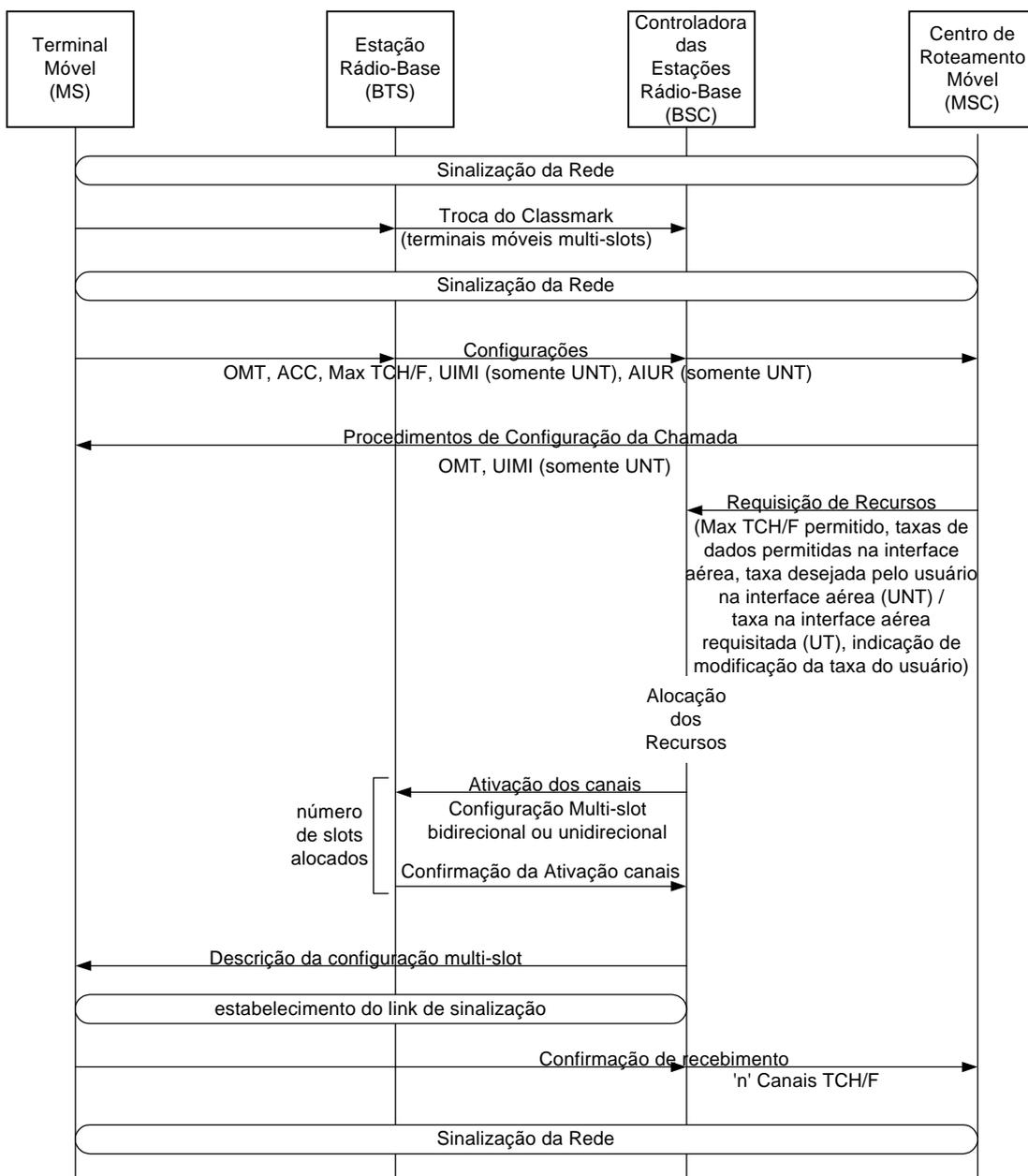


Figura 6 - Estabelecimento da Chamada Originada pelo Terminal Móvel

3.4.2. Estabelecimento da Chamada Terminada no Terminal Móvel

Na configuração da chamada a rede envia ao terminal móvel os seguintes parâmetros:

- Parâmetros desejados de configuração do modem (OMT);
- Taxas de Codificação do canal aceitáveis (ACC);
- Número máximo de canais de tráfego (Max TCH/F);
- Indicação de modificação da taxa do usuário (UIMI);
- Taxa de transmissão desejada pelo usuário na Interface Aérea (AIUR).

A figura 7 descreve o procedimento para o estabelecimento da chamada terminada no terminal móvel.

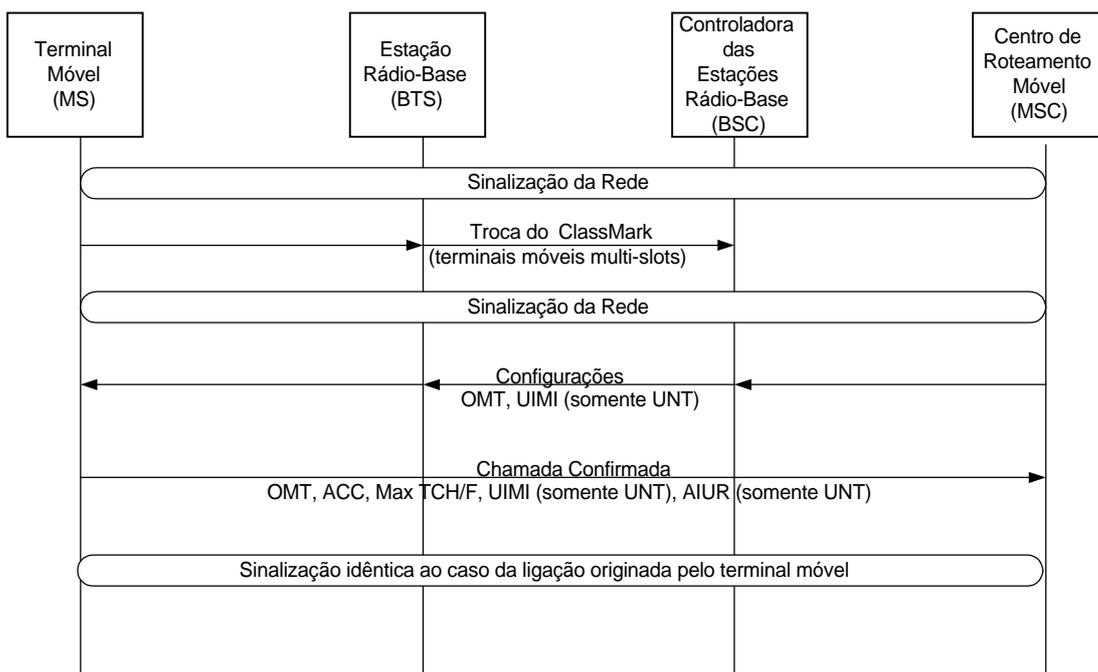


Figura 7 - Estabelecimento da Chamada Terminada no Terminal Móvel

Os procedimentos de requisição e alocação de recursos entre a MSC e a BSC e entre o BSS e a MSC são os mesmos descritos no item 3.4.1.

3.4.3. Incremento ou Decremento de Recursos Comandados pela Indicação de Modificação da Taxa do Usuário (UIMI)

Durante uma chamada HSCSD o terminal móvel pode requisitar, se indicado na configuração da chamada, a alteração dos parâmetros de número máximo de canais de tráfego (Max TCH/F) e a taxa de transferência de dados na interface aérea.

Se a rede permite a modificação, os novos parâmetros são enviados à BSC e os recursos da interface rádio são ajustados. O incremento ou decremento de canais de tráfego e/ou da taxa de transferência são feitos separadamente através da solicitação, via sinalização de rede, da troca dos parâmetros HSCSD. Existindo uma contradição entre os novos parâmetros e os recursos disponíveis na interface aérea, deve-se cancelar o procedimento, retornando a configuração inicial. A figura 8 explica melhor o procedimento descrito acima.

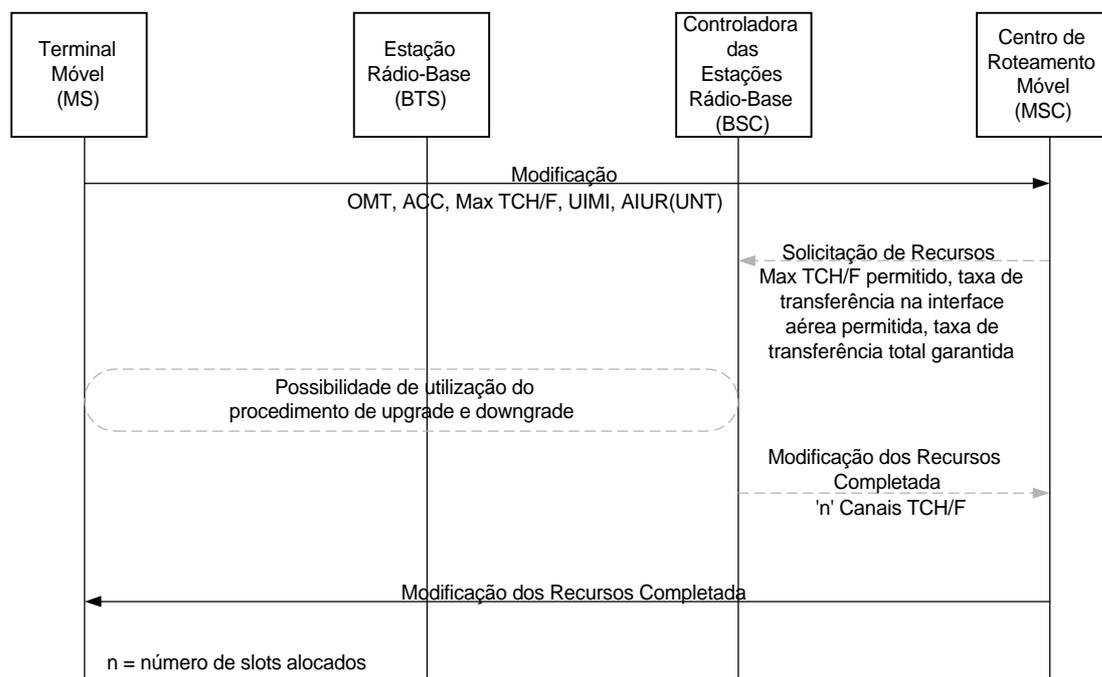


Figura 8 - Procedimento de Incremento e Decremento de Recursos Durante uma Chamada HSCSD

3.5. Procedimentos para o *Handover* de Chamadas HSCSD

De acordo com o padrão ETSI para o HSCSD, existem procedimentos diferenciados para o *handover* entre diferentes BSC's e MSC's. Como estes casos fogem ao escopo dessa dissertação, nos ateremos ao caso genérico de um *handover* entre células controladas pelo mesmo BSC e MSC. Este caso particular foi escolhido para ser implementado na ferramenta de simulação proposta, em virtude de esta não apresentar múltiplos BSC's e MSC's.

A figura 9 ilustra o procedimento de *handover* para estações rádio-base controladas pela mesma BSC e MSC.

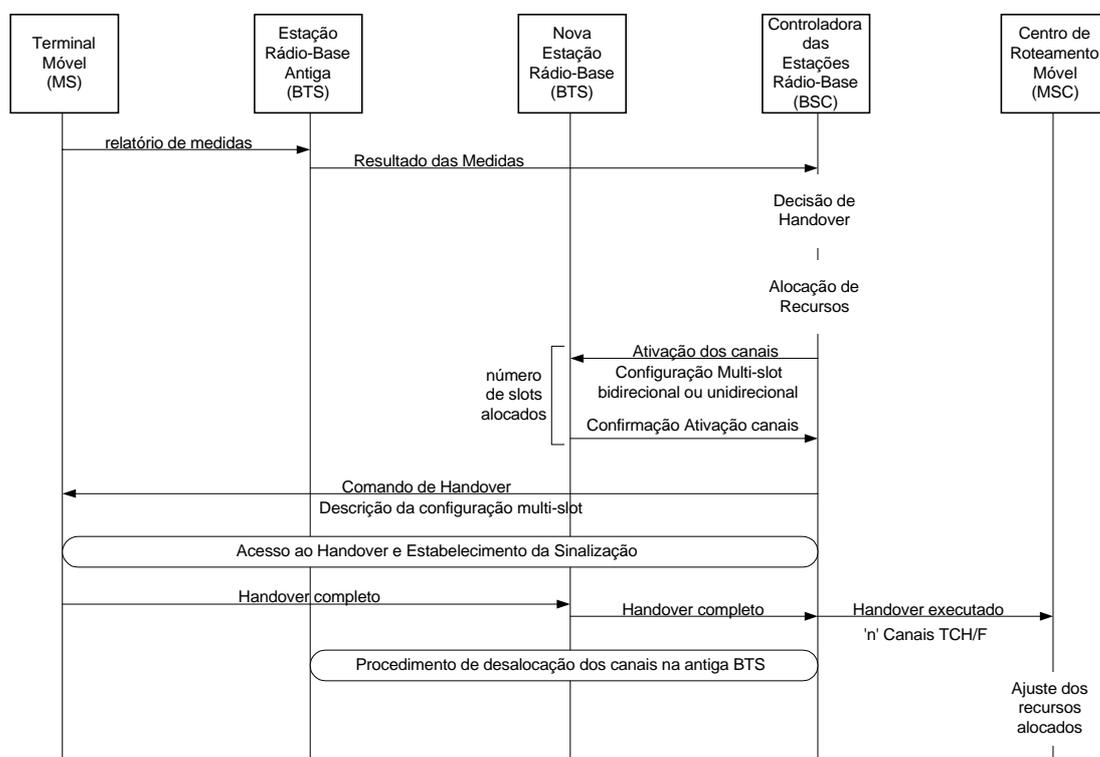


Figura 9 - Procedimento de Handover

Para o Simulador proposto foi implementada somente a possibilidade de chamadas não-transparentes, sendo permitido a alteração de recursos durante o processo de *handover*.

3.5.1. Incremento e Decremento de Recursos e Troca de Configurações

Para chamadas não-transparentes existe a possibilidade de alteração da quantidade de canais durante o *handover*. Esta alteração deve sempre ocorrer antes que o procedimento de envio da nova configuração ao terminal móvel seja ativado ([13] e [10]). A figura 10 explica o procedimento de incremento e decremento durante o *handover*.

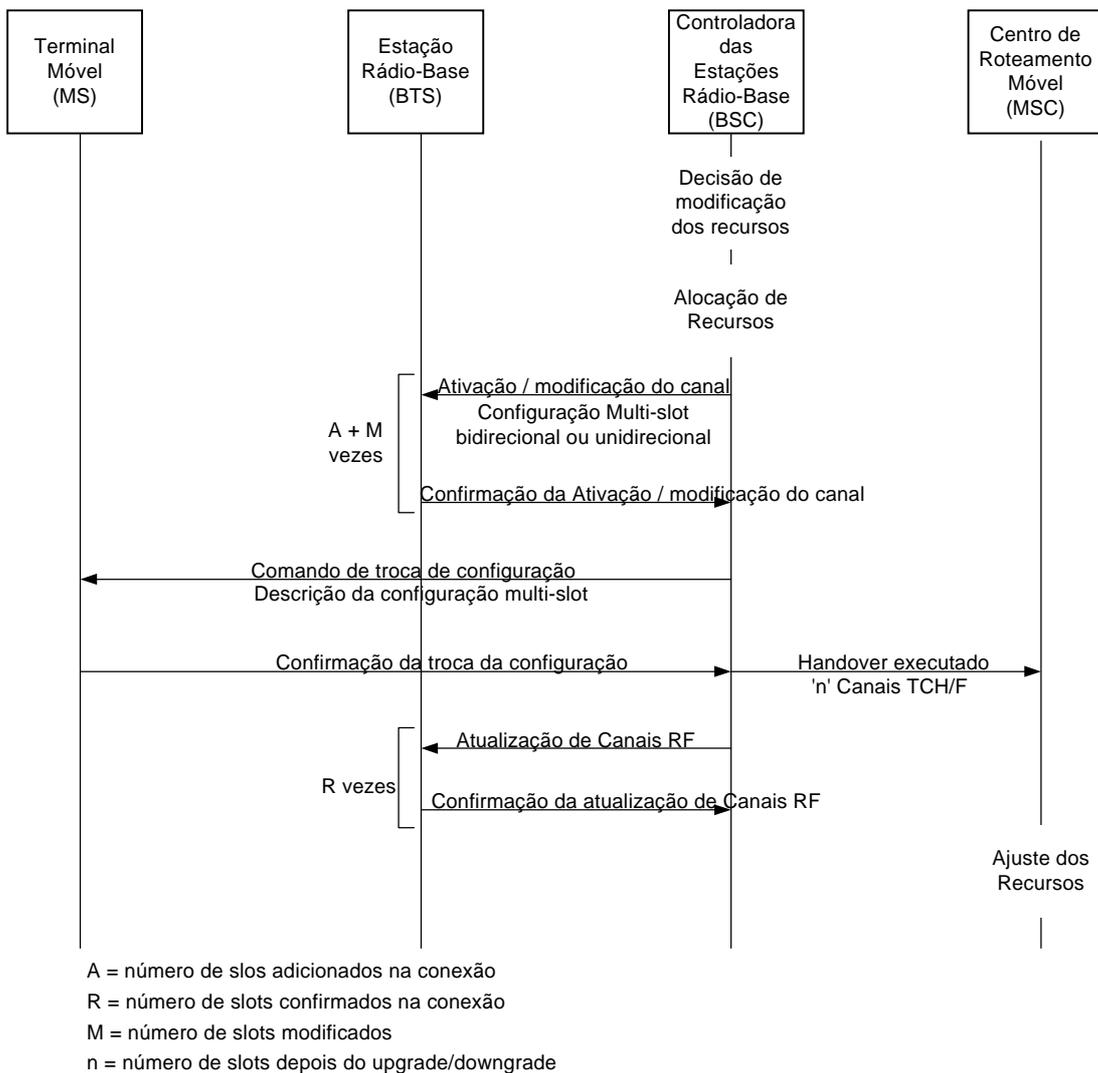


Figura 10 - Incremento e Decremento de Recursos Durante o Handover

O procedimento de troca de configuração também pode ser usado para reordenar os canais em uma chamada sem alterar o número de canais TCH/F alocados. Este procedimento é denominado de *repacking* e não foi implementado

no simulador proposto, deixando como sugestão de trabalhos futuros a sua implementação.

3.6. Esquemas de Alocação de Canais

De acordo com o padrão ETSI [10] para o HSCSD, durante o processo de originação da chamada o usuário deverá indicar o número máximo de canais de tráfego desejáveis para a sua transmissão. Caso esteja disponível na rede este número máximo de canais, a chamada é realizada. Caso contrário, a rede pode decrementar o número máximo até o valor limite de um canal para tentar realizar a chamada. Se não existir a disponibilidade de um canal para a transmissão, a chamada é bloqueada. Este processo é melhor explicado pelo fluxograma da figura 11.

Para o *handover* o processo de alocação é o mesmo, sempre iniciando a busca de novos canais na nova célula pela quantidade máxima solicitada pelo usuário na configuração da chamada.

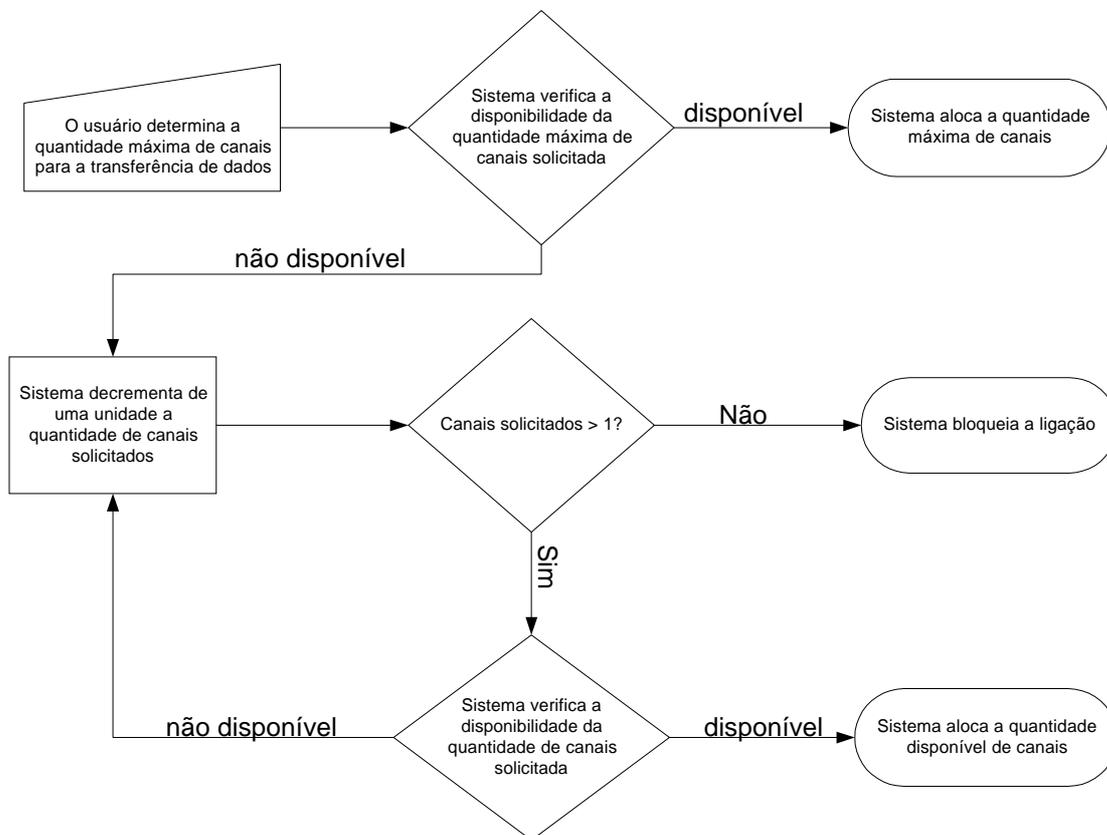


Figura 11 - Fluxograma do Esquema de Alocação de Canais Padronizada pela ETSI

Dois novos esquemas de alocação de canais são propostos em [13]. Um para usuários flexíveis e outro para usuários não-flexíveis. Para usuários flexíveis, durante o processo de configuração da chamada o usuário determina a quantidade mínima e a quantidade máxima de canais desejados para a transmissão. A rede analisa a disponibilidade de alocação máxima dos canais e no caso de negativa de disponibilidade deste valor, a rede decrementa o valor máximo solicitado até se chegar ao valor mínimo, que pode ser diferente de um canal. Se a disponibilidade de canais para o valor mínimo não for assegurada, a chamada é bloqueada.

Para o *handover*, o processo é idêntico ao descrito acima, iniciando-se a busca de canais livres pela quantidade máxima de *slots* solicitada pelo usuário na configuração da chamada. Este processo poderá fazer com que a taxa de transferência do usuário aumente ou reduza, dependendo da quantidade de *slots* alocados na célula antiga e da quantidade de *slots* alocados na célula nova. Este processo é detalhado no fluxograma da figura 12.

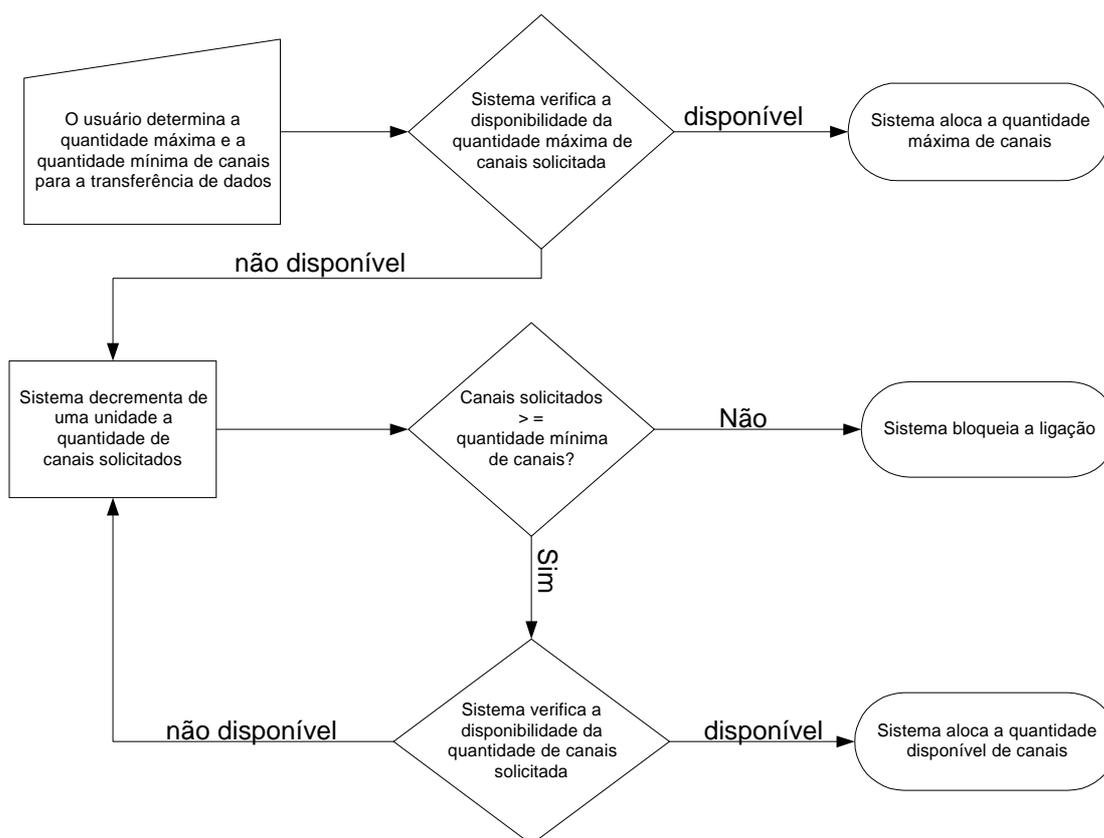


Figura 12 - Fluxograma do Esquema de Alocação de Canais proposto por [13] para usuários flexíveis

Para usuários não-flexíveis, durante o processo de configuração da chamada o usuário determina a quantidade de canais desejados para a transmissão. Caso não exista a disponibilidade dos canais solicitados, a chamada é bloqueada. O *handover* só ocorre se existir disponível na nova célula a mesma quantidade de canais alocados na célula anterior.

O fluxograma da figura 13 exemplifica este processo.

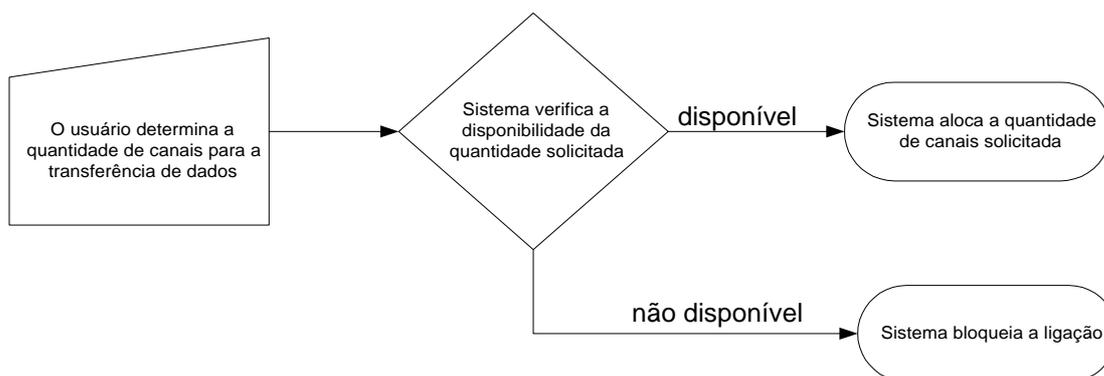


Figura 13 - Fluxograma do Esquema de Alocação de Canais proposto por [13] para usuários não-flexíveis

Para a implementação do simulador proposto foi adotado o esquema de alocação de canais descritos em [10] e em [13], com a alocação sendo feita de forma consecutiva dentro de um mesmo quadro e portadora. Durante o processo de configuração dos parâmetros individuais das estações rádio-base o usuário do simulador poderá escolher entre um dos dois esquemas de alocação de canais.

Em [13] foi feita uma análise mais detalhada do uso do *repacking* em usuários flexíveis e não-flexíveis, em comparação com outros procedimentos de troca de configuração. O *repacking* mostrou-se eficiente para usuários não-flexíveis, melhorando o desempenho do sistema, mas para usuários flexíveis este se mostrou sendo o pior procedimento de troca.

A implementação do *repacking* é deixada como sugestão de trabalhos futuros.