

## Telefonia Básica

O termo “**telefonia**” significa, ao pé-da-letra, “*voz a distância*” e exprime bem o seu objetivo principal: estabelecer a comunicação de voz entre dois pontos longínquos. Com a evolução do sistema telefônico, foram criados equipamentos especiais que permitem a transmissão de dados, sons, imagens, etc., pelo mesmo canal de comunicação (linha telefônica) onde, a princípio, só trafegavam sinais de voz.

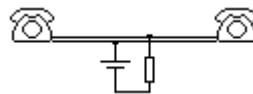
*A linha telefônica:*

O termo “*linha telefônica*” a princípio fazia referência apenas ao meio de comunicação (par de fios) entre uma origem e um destino. Hoje o termo evoluiu para representar, além dos fios de comunicação, os equipamentos que possibilitam a conversação e identifica a origem e o destino (por códigos numéricos).



*O telefone:*

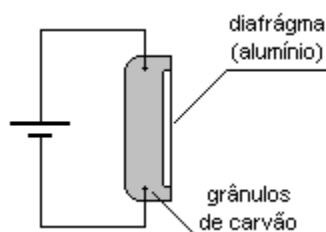
A forma mais simples de se obter conversação a distância é através da conexão de dois aparelhos telefônicos por um par de fios, alimentando-os com uma bateria.



Na realidade, para tal não necessitamos dos aparelhos por completo mas apenas dos “*punhos*” (ou “*monofones*”: onde estão as cápsulas transmissora e receptora). Em tal configuração, para se ter uma idéia, com uma bateria de 9V já é possível a comunicação de voz entre vários quilômetros de distância.

*Microfone (cápsula transmissora) e altofalante (cápsula receptora):*

A conversão de vibrações sonoras em impulsos elétricos é obtida através de um recipiente contendo carvão granulado, através do qual a corrente elétrica pode transitar (*microfone de carvão*).



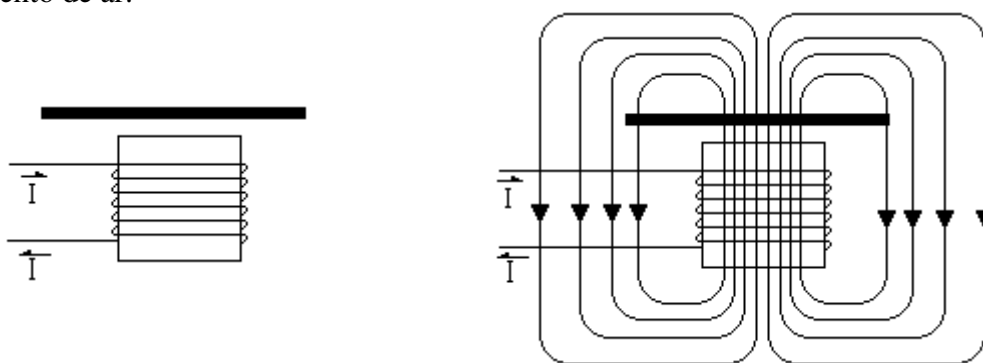
Um diafragma (membrana de alumínio) atuando sobre os grânulos de carvão pressiona as partículas alterando a resistência ôhmica do dispositivo. Dessa forma, ao se emitir sons próximo à cápsula transmissora a vibração sonora provoca proporcional alteração na resistência ôhmica do microfone fazendo variar a corrente elétrica que por ele circula.

Possuindo função inversa ao microfone, as cápsulas receptoras transformam a energia elétrica (variações de corrente) em vibrações mecânicas, através de um diafragma.

Existem duas técnicas para a obtenção dessas vibrações: através de cápsulas eletromagnéticas e eletrodinâmicas.

*Cápsula receptora eletromagnética:*

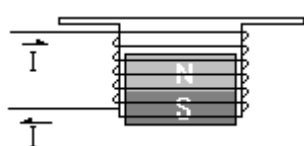
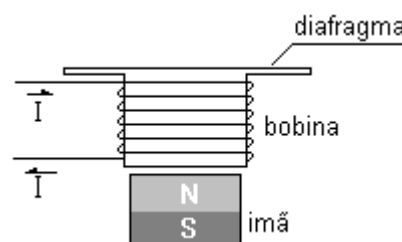
Baseia-se na aplicação da corrente em uma bobina em torno de um imã permanente, com fluxo variando em função da corrente aplicada. Esse fluxo atua em um diafragma cuja movimentação causa deslocamento de ar.



Cabe aqui mencionar que este tipo de cápsula receptora é mais simples e robusta, porém de menor sensibilidade que a cápsula receptora eletrodinâmica.

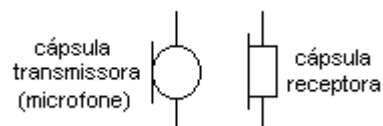
*Cápsula receptora eletrodinâmica:*

A cápsula eletrodinâmica utiliza uma membrana fixa a uma bobina que pode mover-se dentro de um campo magnético de um imã. Ao introduzir-se a corrente nessa bobina ela forçará a membrana a movimentar-se proporcionalmente ao sinal elétrico aplicado.



Este tipo de cápsula encontra aplicação onde se deseja maior sensibilidade (reconhecimento, pela cápsula receptora, de níveis reduzidos de corrente).

Para facilitar nosso estudo podemos convencionar os símbolos gráficos para microfone e cápsula receptora, como mostra a figura ao lado.



Dessa forma podemos representar o circuito elétrico capaz de estabelecer a comunicação entre dois pontos:

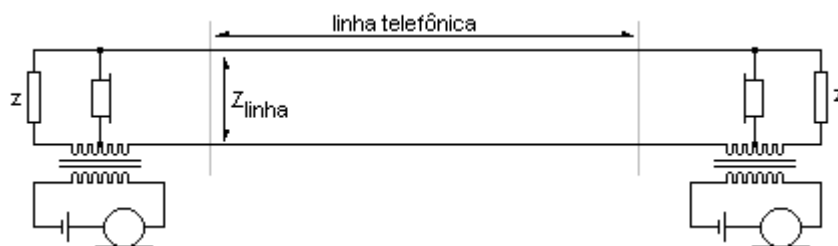


- Notamos a presença de uma bateria, em cada circuito, alimentando o microfone, enquanto que um transformador evita que a componente contínua atinja a linha de comunicação telefônica. Pela característica de possuir baterias independentes para cada circuito local, este tipo é denominado como “telefone de bateria local” (BL).

#### Circuito antilocal:

Ao se supor uma comunicação através de um circuito como o apresentado, podemos observar, de imediato, a existência de um sério inconveniente: a conversação, embora em condições de ocorrer, causa uma sensação desagradável à pessoa que estiver falando, pois sua voz será reproduzida com maior intensidade que a de seu interlocutor.

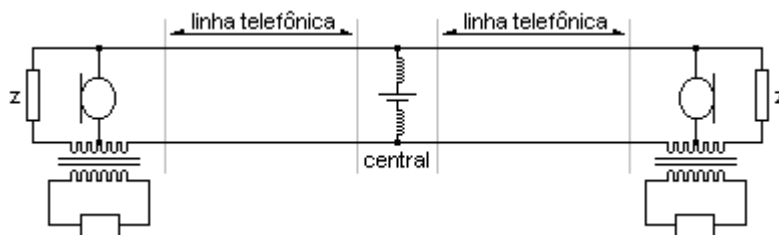
Devemos então incorporar ao circuito do telefone algo que evite que a pessoa que fala ouça a si mesma. Essa atenuação, porém, deve ser parcial, pois a experiência mostra ser conveniente que os interlocutores “sintam” suas próprias vozes, mas em nível inferior ao dos sinais recebidos pela linha telefônica. De modo a sanar o problema, introduziu-se uma configuração conhecida por “circuito antilocal”.



- Neste circuito, o fluxo de sinais originados do microfone encaminha-se nas duas seções do enrolamento secundário, resultando em oposição de fase na cápsula receptora. Assim, quanto mais próximo for o valor da impedância “z” do valor da impedância de linha “z<sub>linha</sub>”, maior será a atenuação do “efeito local” (tornando a lembrar que, na prática, a atenuação imposta não deve ser total).

#### Telefones com bateria central (BC):

Neste grupo estão incluídos os aparelhos pertencentes à rede de assinantes de uma companhia telefônica. Tais terminais recebem a alimentação (geralmente de -48V) da central a que estão conectados. Basicamente podemos representá-los da seguinte forma:



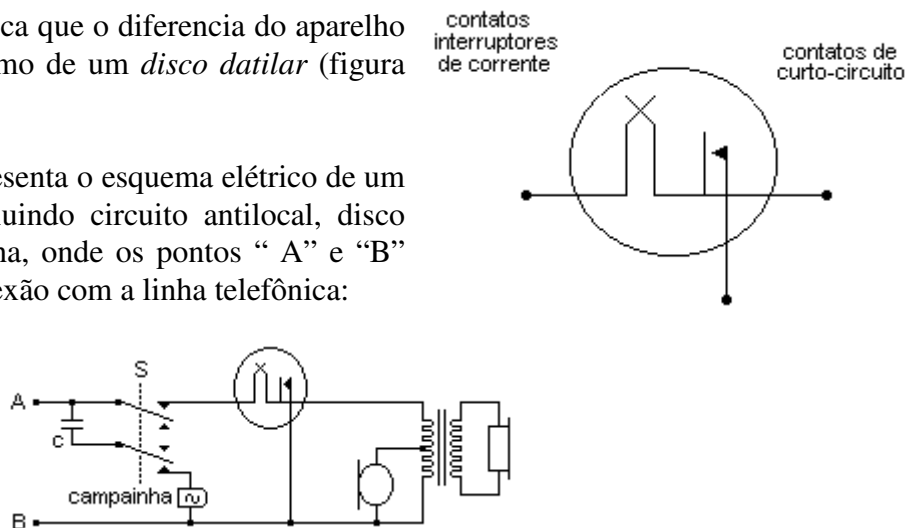
Note a presença do circuito antilocal e a bateria única para toda a linha telefônica. Os indutores em série com a bateria tem por função minimizar a influência da mesma nos sinais de voz,

tornando-a transparente para a comunicação, mas deixando passar a corrente contínua que alimenta o circuito.

### Telefone BC automático:

A principal característica que o diferencia do aparelho BC comum reside no acréscimo de um *disco datilar* (figura ao lado) em série com a linha.

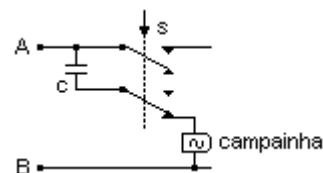
O circuito abaixo representa o esquema elétrico de um telefone BC automático, incluindo circuito antilocal, disco datilar e circuito de campainha, onde os pontos “A” e “B” representam os pontos de conexão com a linha telefônica:



Verifiquemos seu princípio de funcionamento:

Com o “punho” no “gancho” (aparelho em “repouso”) a chave “s” fica “abaixada”, resumindo o caminho de circulação de corrente.

Enquanto o “punho” (*monofone*) estiver em sua posição natural (repouso), permanecem conectados a linha telefônica apenas um capacitor em série com a campainha. Como a alimentação da linha se dá em corrente contínua, a mesma é bloqueada pelo capacitor “c” e, nestas condições, praticamente nenhuma corrente circula pelo circuito.



O sinal de chamada é identificado pela presença de tensões senoidais com até 96V de amplitude. Por ser senoidal, este sinal passa pelo capacitor e excita a campainha. Ao se retirar o fone do gancho a campainha é desconectada e a alimentação circula pelo microfone - que está, neste momento, em condições de utilização.

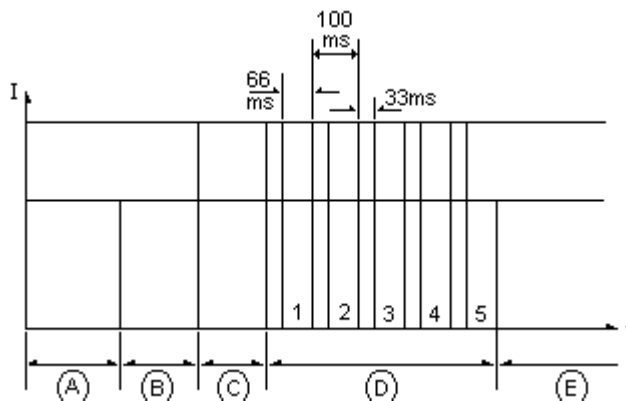
Tal sinal de chamada, que provoca o toque do telefone, possui como características 96V, 25Hz em um regime de toque “1x4” (um segundo de sinal por quatro de espera).

### Pulsos de discagem:

O disco datilar é responsável pelo envio de códigos à central telefônica que possibilitam prosseguir no encaminhamento da chamada. Estes códigos, identificados por números, são pulsos de interrupção e curto circuito que o aparelho telefônico envia à central.

Ao girar o disco para a direita está se preparando a emissão de mensagens para a central telefônica; o contato de curto-circuito é fechado, bloqueando a alimentação do microfone. Ao se soltar o disco, durante o percurso de retorno, o contato de curto-circuito permanece fechado enquanto que os contatos interruptores de corrente são abertos e fechados tantas vezes quanto necessárias, de acordo com o dígito discado.

Exemplificando, o gráfico a seguir representa as variações de corrente em função do tempo para o dígito “5” sendo discado.



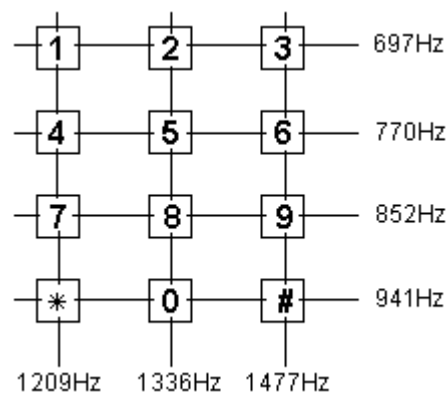
onde:

- A. telefone em repouso;
- B. telefone “fora do gancho”;
- C. giro do disco para a direita (fechamento do contato de curto circuito);
- D. o retorno do disco provoca 5 interrupções de corrente (correspondendo ao dígito 5 discado);
- E. ao final do retorno o contato de curto circuito se abre estabelecendo a alimentação do microfone e a corrente nominal do aparelho, a qual permanecerá neste valor até a discagem de outro número.

O período de cada ciclo dos pulsos é padronizado em 100ms, sendo 66.7ms para a interrupção de corrente e 33.3ms para pulso de corrente máxima. Aparelhos mais modernos apresentam, em substituição ao disco datilar, teclados digitais que facilitam as operações, embora ainda emitindo sinais decádicos de forma semelhante ao disco examinado (pulsos por interrupção de corrente na linha telefônica).

Com a evolução das centrais telefônicas foi aprimorada também a forma de envio de sinais do aparelho à central telefônica, dando origem ao uso de sinalização multifrequencial (MF) em telefones. Seu princípio consiste na emissão de freqüências do espectro de voz (300Hz a 3400Hz) no envio dos códigos identificadores à central telefônica, ao invés de interrupções de corrente.

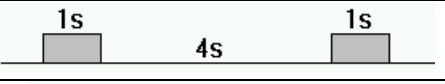
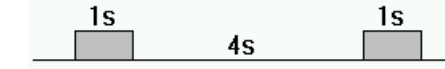

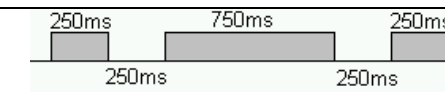
A figura ao lado representa o teclado MF e as freqüências envolvidas. Exemplificando, ao se teclar “5” temos o envio das freqüências 770Hz e 1336Hz simultaneamente.



Como vantagens sobre o teclado decádico, o MF apresenta maior imunidade a ruídos (que por ventura possam ocorrer durante o processo de discagem) a facilidade de mauseio e a rapidez de discagem e envio dos códigos. Em contrapartida este tipo de teclado depende de a central telefônica

estar equipada com dispositivos que reconheçam a sinalização MF, enquanto que os teclados decádicos são universalmente aceitos por qualquer central. Alguns aparelhos telefônicos, hoje em dia, trazem a possibilidade de operar nos dois sistemas através da seleção por uma simples chave no próprio telefone.

Para estabelecer uma eficiente integração homem-máquina a central lança mão da *sinalização acústica*. Esta consiste de uma série de sinais audíveis (acústicos) emitidos da central para o assinante. A tabela seguinte ilustra esquematicamente a sinalização acústica.

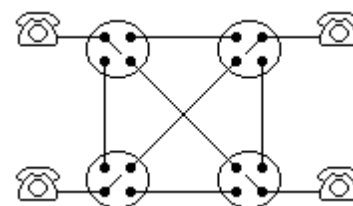
SINAL	CONFORMAÇÃO
tom de discar	envio constante de 425Hz
toque de chamada	 (96V / 25Hz)
supervisão de chamada	 (425Hz)
tom de ocupado	 (425Hz)
tom de número inacessível	 (425Hz)

### A Comutação Telefônica:

A comutação telefônica é o processo pelo qual se estabelece a conexão entre dois ou mais terminais telefônicos, ou seja, é todo o processo de “chaveamento” que conecta um aparelho telefônico a outros.

A necessidade deste chaveamento (comutação) é óbvia pois um aparelho telefônico deve ser capaz de se comunicar com vários outros, porém mantendo o sigilo de comunicação.

A figura ao lado representa a conexão por comutação entre quatro aparelhos telefônicos com acessibilidade plena (cada um pode se comunicar com qualquer dos outros três, bastando para isso que o destino esteja “livre”). Note a quantidade de pares de fios para englobar todas as possibilidades de comunicação.



- Essa quantidade de pares de fios pode ser determinada pela fórmula:  $f = \frac{t(t-1)}{2}$

2

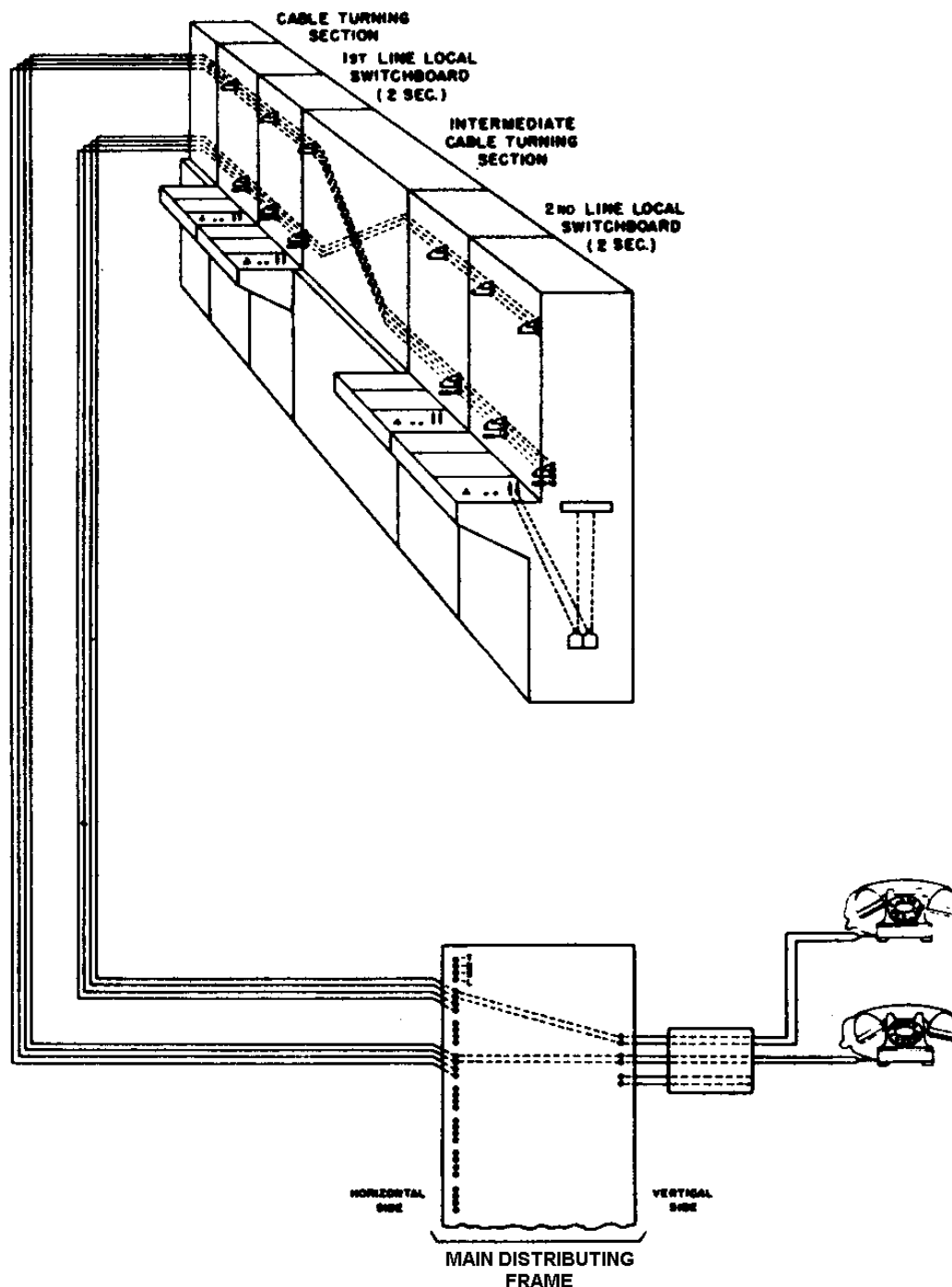
onde:

$f$  = quantidade de pares de fios que se fazem necessários;

$t$  = quantidade de aparelhos telefônicos.

A equação comprova a complexidade gerada pela expansão dessa rede a ponto de torná-la inviável na prática. A primeira solução apresentada e utilizada para sanar tal inconveniente foi a disposição da rede telefônica em “*estrela*” tendo como elemento central uma mesa comutadora controlada por uma telefonista.

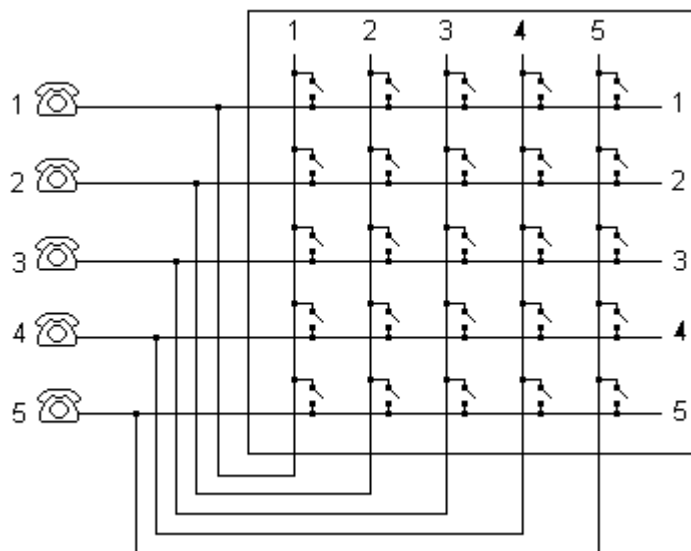
Na prática, chegou-se a quantidade de 50 linhas como sendo o ideal para uma central de comutação manual. Foi um consenso ditado pela complexidade construtiva e a quantidade de linhas que uma telefonista conseguiria cuidar. Para ampliar o sistema, mais centrais eram instaladas no mesmo ambiente e mais telefonistas eram contratadas.



Hoje em dia o processo ainda está em uso por empresas de médio e grande porte para a comunicação entre departamentos. São as centrais **PBX** (*Private Branch Exchange*). As centrais PBX, porém, estão sendo substituídas pelo tipo automatizado: as **PABX** (*Private Automatic Branch Exchange*).

O princípio básico da comutação em uma central telefônica pode ser melhor compreendido pelo estudo da matriz crosspoint. Como toda matriz, a crosspoint também é formada por linhas e colunas. A intersecção de uma linha com uma coluna origina um elemento da matriz. Cada aparelho telefônico está conectado a cada uma das intersecções, ou seja, o telefone 1 está conectado a linha 1 e coluna 1, o aparelho 2 é associado a linha 2 e coluna 2 e assim sucessivamente.

A figura seguinte representa de forma simplificada estas conexões para uma matriz crosspoint “5x5” onde as intersecções são representadas por chaves.



Podemos perceber que, a princípio, em uma matriz como esta (5x5) necessitaríamos de 25 pontos de conexão (chaves) que, em uma construção mais próxima da realidade, representariam relês. Porém ao analisar mais detidamente podemos reduzir o número de relês necessários, pois como um terminal telefônico não deve originar uma chamada destinada a ele próprio, tal ponto de intersecção pode ser excluído.

Dessa forma, utilizando a técnica de matriz crosspoint, a quantidade de relês (pontos de intersecção) necessários a uma central pode ser determinado por:

$$r = t(t-1)$$

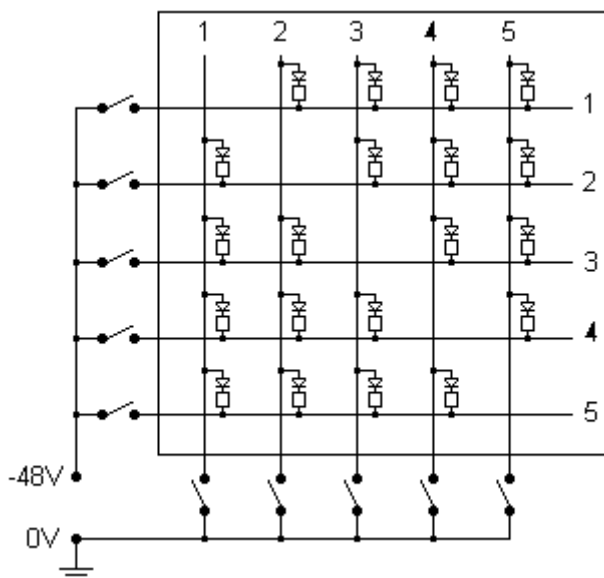
onde: r = quantidade de relês necessários;  
t = quantidade de aparelhos telefônicos.

Como podemos notar pela equação apresentada, uma matriz crosspoint se torna altamente antieconômica se levarmos em consideração que uma central com 1000 terminais necessitaria de 999mil (próximo de 1 milhão) conjuntos de relês. A questão é contornada por meio de um dimensionamento mais realista do tráfego (quantidade de linhas ocupadas simultaneamente) de uma central.

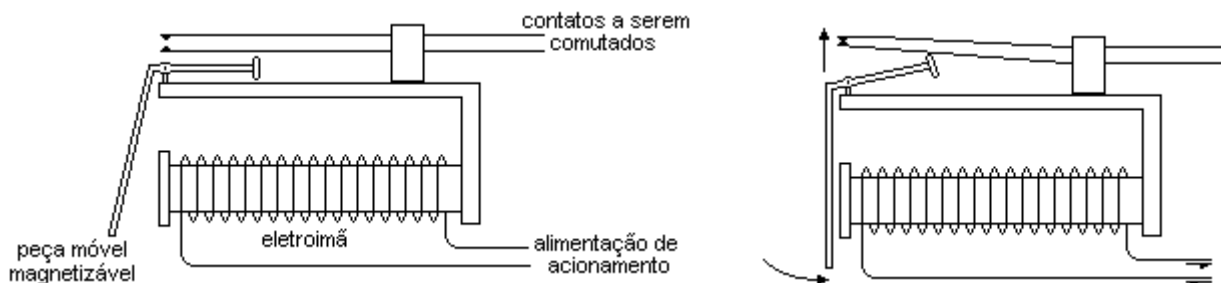
A figura seguinte mostra uma matriz hipotética do tipo crosspoint construída com conjuntos de relês. O acionamento dos relês é dado por chaves que permitem a passagem de -48V e 0V (“terra”) para endereçar linhas e colunas respectivamente. Apesar da representação por chaves, em



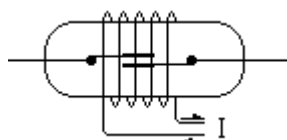
uma construção prática poderíamos dispor de um comando eletrônico (com transistores e CI's) operando como chave para acionar os reles.



A seguir temos a representação simplificada de um relê convencional utilizado em telefonia. A figura mais a direita mostra o mesmo relê com os contatos fechados, acionado pela corrente elétrica que circula pela bobina. Este tipo de relê tem como desvantagem seu tamanho (ocupa muito espaço quando exigido aos milhares) peso e elevada corrente de acionamento, além do acionamento ruidoso.



Outra forma de construção destes circuitos é através do uso de um relê “reed-switch”, ou simplesmente relê “reed”. Este relê é constituído de uma ampola de vidro com gás inerte, onde são colocados os contatos metálicos a serem acionados. Estes contatos apresentam, em seu corpo, materiais magnetizáveis, de forma a se unirem (se atraem) diante da presença de um campo magnético. Vejamos a figura seguinte:



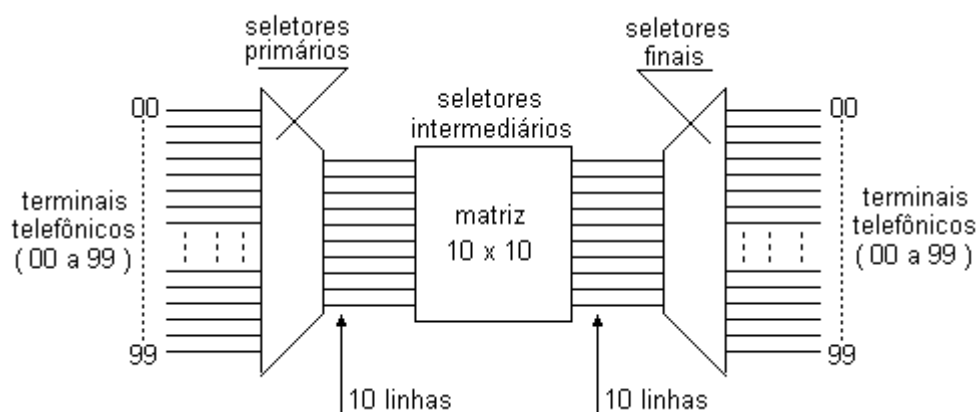
O fechamento dos contatos é proporcionado pela presença de uma campo magnético gerado por uma bobina envolta da ampola. Ao se aplicar uma corrente elétrica a bobina gera o campo e os

contatos se atraem. Ao cessar o campo magnético (cessando a corrente) os contatos voltam a posição de repouso.

O relê *reed* representa uma grande evolução em termos de reles pois apresenta tamanho diminuto e exige uma corrente muito pequena no seu acionamento além da rapidez de comutação (de 2 a 10ms), longa vida útil, baixo custo e facilidade de manipulação. Em contrapartida, é mais sensível a choques mecânicos e suporta uma corrente de contato muito menor que a do relê convencional.

#### A concentração de uso:

Por simples observação já é possível afirmar que um aparelho telefônico permanece grande parte do tempo em repouso de modo a possibilitar a fixação, por hipótese, da quantidade de ocupações simultâneas em uma central telefônica. Dessa forma é altamente viável que um núcleo concentrador (central telefônica) de 1000 assinantes possua não mais que 100 linhas disponíveis, porém com uma alta taxa de utilização.



Em termos práticos, para que um assinante viesse a efetuar uma chamada telefônica, seria necessário haver uma pesquisa entre as linhas existentes de forma que o primeiro caminho livre encontrado fosse imediatamente ocupado por este terminal. Podemos concluir então que, em uma central real, há sempre uma disponibilidade de linhas inferior ao número de aparelhos telefônicos a ela conectados.

#### O tráfego telefônico:

Como o próprio nome sugere, o tráfego telefônico representa o grau de ocupação dos circuitos telefônicos. As centrais telefônicas são planejadas de tal modo que as ligações realizadas pelo assinante tenham grande probabilidade de sucesso, mesmo nos períodos de tráfego telefônico mais intenso, ou seja, nas chamadas “hora de maior movimento” (HMM). Obviamente, por ser uma função estatística, devemos conviver com um determinado grau de insucessos.

A quantidade de troncos e equipamentos de comutação será dimensionada de tal forma que, durante as HMM, somente uma porcentagem muito pequena de ligações solicitadas não possa ser

estabelecida, pelo menos não imediatamente, por falta de equipamentos de comutação (ligações que se perdem ou que precisam esperar).

A solução teórica de tais tarefas de dimensionamento pertencem ao setor da “teoria de tráfego”, seguindo um método desenvolvido por A K. Erlang, cujo nome é utilizado para representar uma das unidades de tráfego telefônico (abreviado para Erl.).

Basicamente podemos dizer que a intensidade de tráfego na unidade Erlang representa o número médio de chamadas simultâneas em um período de observação.

Matematicamente podemos determinar a intensidade de tráfego:

$$A' = \frac{V}{T}$$

onde:

V = volume de tráfego - somatório dos tempos de ocupação dos circuitos observados;

T = período de observação.

- Por se tratar de uma observação realizada em circuitos com chamadas cursadas (encaminhadas), o termo A' passa a designar “intensidade de *tráfego cursado*”.

Outro termo que temos que levar em consideração é o “*tráfego oferecido*” (representado por A), que representa a quantidade média de chamadas oferecidas a um circuito ou grupo de circuitos, em um período de observação. O tráfego oferecido não é mensurável, sendo obtido por estimativas de perda.

A parcela de tráfego oferecido que não chega a escoar é considerada “*tráfego perdido*”, enquanto o que segue adiante é o tráfego cursado.

Com base no exposto podemos afirmar então que a intensidade máxima de tráfego cursado é de 1Erl, representando que os circuitos permaneceram ocupados 100% do período de observação. Exemplificando, se  $A' = 0,30Erl$ , significa que o circuito ficou ocupado 30% do período de observação.

Temos ainda o “*tráfego de transbordo*” que representa a parte do tráfego oferecido, não cursado pela via direta, que é oferecido a uma via alternativa (é comum termos várias alternativas caso a rota principal apresente problemas).

Caso o usuário não consiga completar sua chamada na primeira tentativa, provavelmente tentará de novo; a cada tentativa sem êxito, partes do sistema telefônico serão ocupadas por um tráfego ineficaz, denominado “*tráfego repetitivo*”.

A parcela do tráfego escoado que resulta em conversação telefônica é denominado “*tráfego de conversação*”.

Temos ainda várias outras denominações para o tráfego telefônico, entre as quais podemos citar:

- *Quanto a direção:*

- Tráfego de entrada - que chega de outra central;
- Tráfego de saída - que é encaminhada para outra central.

- *Quanto às áreas envolvidas:*

- Tráfego local - é originada e terminada no mesmo município;
- Tráfego interurbano - envolve chamadas entre municípios;
- Tráfego internacional - envolve chamadas entre países (nações).

- *Quanto à procedência / destino:*

- Tráfego originado - de chamadas que iniciam nesta e partem para própria ou outra central;
- Tráfego terminado - de chamadas que chegam, tendo iniciado nesta ou em outra central;
- Tráfego de trânsito - de chamadas que são recebidas e reencaminhadas a outras centrais.

Ainda com relação a intensidade de tráfego, podemos encontrar, resumidamente, os modelos: *Bernoulli, Engest, Erlang, Poisson, Binomial Negativa, Binomial Negativa Truncada*. Todos eles são representados por funções estatísticas, com modelos matemáticos aproximados, já que foram desenvolvidos a partir de observações de comportamento da rede telefônica e os próprios assinantes apresentam características aleatórias na utilização da telefonia.

Também podemos encontrar várias unidades de intensidade de tráfego, entre as quais destacamos as principais a seguir:

Erl (Erlang) TU (Traffic Unit) VE (Verkehseinheit)
--

*Nestas, o valor numérico indica a quantidade média de chamadas simultâneas.*

CCS (Center Call Seconds) HCS (Hundred Call Seconds) UC (Unit Call)
---

*valor numérico destas unidades indica a quantidade média de chamadas por hora, tomando-se por base um tempo médio de chamada de 100 segundos.*

ARHC (Appels Réduits à l'Heure Chargée) EBHC (Equated Busy Hour Call)
---

*Nestas, o valor numérico indica a quantidade média de chamadas por hora, tomando-se por base um tempo médio de chamada de 120 segundos.*

A quantidade de equipamentos estabelecida por um dimensionamento técnica e economicamente viável implica que, eventualmente, nos horários de pico de tráfego (HMM), existam algumas chamadas perdidas. O “*grau de serviço*” é dado como sendo a proporção destas chamadas em relação ao total de tentativas efetuadas (percentual de perda).

Matematicamente:

$B = \frac{P}{N}$
-------------------

onde:

B = grau de serviço;

P = número de tentativas de chamadas que encontram todos os meios de ligação ocupados;

N = número total de chamadas.

Normalmente encontramos tabelas de consulta como a apresentada a seguir:

N	0,50%	0,60%	0,70%	0,80%	0,90%	1%	2%	3%	5%
1	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009	0,010	0,020	0,031	0,526
2	0,105	0,116	0,126	0,135	0,144	0,153	0,223	0,282	0,381
3	0,349	0,374	0,397	0,418	0,437	0,455	0,602	0,715	0,889
4	0,701	0,741	0,777	0,810	0,841	0,869	1,090	1,260	1,520
5	1,13	1,19	1,24	1,28	1,32	1,36	1,66	1,88	2,22
6	1,62	1,69	1,75	1,81	1,86	1,91	2,28	2,54	2,96
7	2,16	2,24	2,31	2,38	2,44	2,50	2,94	3,25	3,74
8	2,73	2,83	2,91	2,99	3,06	3,13	3,63	3,99	4,54
9	3,33	3,44	3,54	3,63	3,71	3,78	4,34	4,75	5,37
10	3,96	4,08	4,19	4,29	4,38	4,46	5,08	5,53	6,22
11	4,61	4,74	4,86	4,97	5,07	5,16	5,84	6,33	7,08
12	5,28	5,43	5,55	5,67	5,78	5,88	6,61	7,14	7,95
13	5,96	6,12	6,26	6,39	6,50	6,61	7,40	7,97	8,83
14	6,66	6,83	6,98	7,12	7,24	7,35	8,20	8,80	9,73
15	7,38	7,56	7,71	7,86	7,99	8,11	9,01	9,65	10,60
16	8,10	8,29	8,46	8,61	8,75	8,88	9,83	10,50	11,50
17	8,83	9,03	9,21	9,37	9,52	9,65	10,70	11,40	12,50
18	9,58	9,79	9,98	10,10	10,30	10,40	11,50	12,20	13,40
19	10,30	10,60	10,70	10,90	11,10	11,20	12,30	13,10	14,30
20	11,10	11,30	11,50	11,70	11,90	12,00	13,20	14,00	15,20

- Na tabela (bastante resumida, com fins apenas didáticos), o campo percentual representa a perda “B”, a coluna “N” tem o número de circuitos e os valores internos às células indicam a capacidade de tráfego em cada situação. Exemplificando, considerando uma perda de 2% em 18 circuitos encontramos uma capacidade de escoamento de tráfego de 11,5Erl.

A justificativa de uso de uma tabela se dá porque, na realidade, a equação apresentada tem apenas fim conceitual, uma vez que na prática são utilizados cálculos estatísticos dos modelos apresentados.

$$B = \frac{A^N}{N!} \frac{1}{\sum_{i=0}^N \frac{A^i}{i!}}$$

Para ilustrar este fato, ao lado temos apresentada a fórmula do cálculo de estimativa de perda segundo o modelo de Erlang:

onde: B = perda (percentual);  
N = número de circuitos;  
A = tráfego oferecido

Em uma consulta rápida na Internet, podemos encontrar vários sites de telefonia e programas para download de calculadoras específicas para auxiliar neste tipo de cálculo.

Exemplo: <http://www.erlang.com> (disponível em janeiro de 2015).

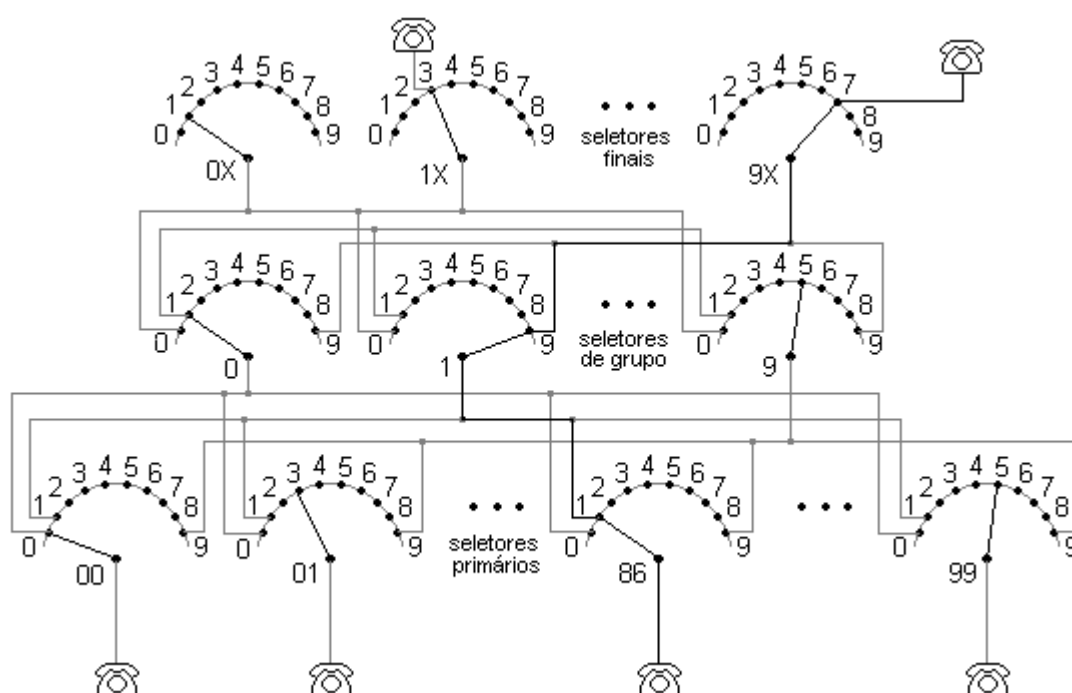
## Seletores Telefônicos

Para facilitar a compreensão do mecanismo de encaminhamento de uma chamada telefônica podemos adotar a representação de um seletor de um só movimento, como o apresentado a seguir:



Como podemos ver, trata-se de uma chave rotativa capaz de selecionar um entre vários contatos, possibilitando o encaminhamento telefônico.

Assim, em uma central hipotética, temos a distribuição dos seletores da seguinte forma:



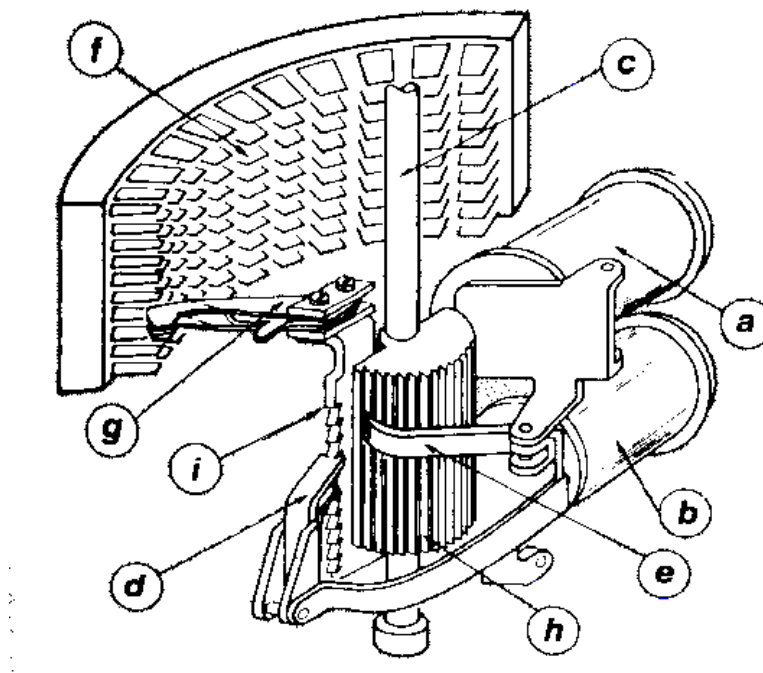
- A figura expõe uma situação em nossa pequena central, na qual o aparelho telefônico “86” origina uma chamada para o assinante “97” (aparelho “97”). Ao se tirar o monofone do gancho, o seletor primário “86” é ativado e começa a girar, da esquerda para a direita, verificando se algum seletor de grupo está disponível no momento. Havendo contato ocupado por outra ligação, passa-se para o seguinte. Na figura, o seletor de grupo “0” está ocupado por uma chamada, o seletor primário “86” passou então para o grupo “1”, selecionando-o para dar prosseguimento à ligação. O assinante “86” então disca o primeiro número (9) e a informação é transmitida ao seletor de grupo que estaciona no 9º contato, selecionando os seletores finais associados a família “9X” (assinantes de 90 a 99). Ao discar o segundo algarismo identificador (7) o seletor final é movido 7 passos, apontando para o terminal destinatário (97).

As centrais que operam sob este método, onde o próprio ato de discagem gera informações que atuam diretamente sobre os seletores, são classificadas como “centrais de comando direto”.

### Os tipos de seletores:

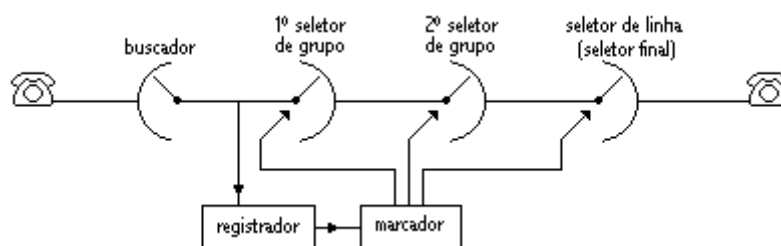
As centrais de comando direto, devido ao fato de serem constituídas por seletores com mecanismos independentes, onde cada dígito opera um determinado estágio de seleção, são também designadas como “centrais passo-a-passo”.

A figura abaixo mostra o princípio de funcionamento de um seletor de dois movimentos de uma central passo-a-passo. Este seletor é conhecido por “chave de Strowger”, em homenagem a quem o idealizou, ou “rotary”.



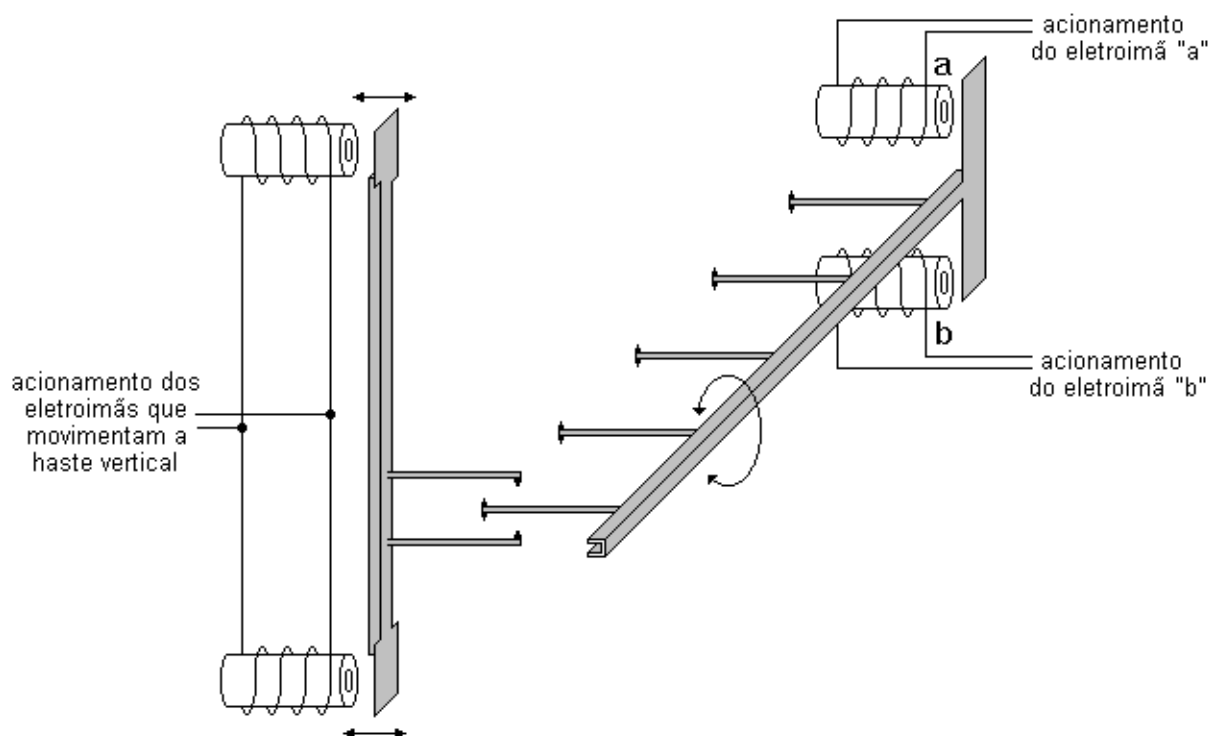
Trata-se de uma matriz de contatos do tipo “10x10”. Nos deslocamentos horizontais a magnetização de um eletroímã (a) libera a catraca (e), acarretando um pequeno giro do eixo (c), por intermédio da engrenagem (h); por outro lado, o eletroímã (b), ao ser ativado, vem solicitar a catraca (d) acoplada com o sistema dentado (i) possibilitando posicionamentos verticais. O bloco (f) representa o conjunto de contatos para serem selecionados (100 ao todo) enquanto (g) consiste no contato selecionador.

Como estas centrais são bastante inflexíveis a expansões e alterações devido a dependência direta entre o código do assinante e a movimentação dos seletores, surgiu o princípio da “central por comando indireto”, onde as informações vindas do terminal telefônico são armazenadas em dispositivos especiais (*registradores*) executando posteriormente o deslocamento das chaves seletoras (*marcadores*). Essa estrutura é exemplificada na figura seguinte.



Mesmo com a adoção de registradores e marcadores, alguns problemas críticos ainda não são solucionados: a utilização de seletores baseados na chave de Strowger exige limpeza constante e correntes elevadas para operação dos mecanismos de rotação e elevação, além de terem um tempo de contato relativamente elevado.

Em busca de soluções para as deficiências dos seletores “rotary” foi que surgiu o seletor “crossbar”. Proposto originalmente por Palmgren e Bertulander em 1919 mas sua utilização prática só se concretizou na década de 50. Consiste em um arranjo retangular de contatos, acionados por eletroimãs, através de barras horizontais e verticais.

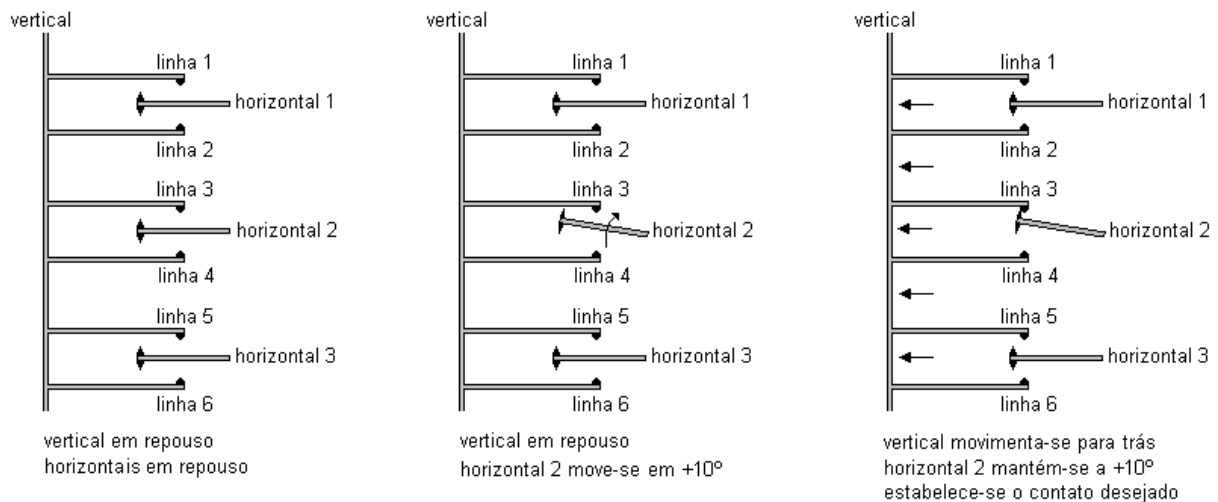


A figura mostra de forma simplificada os movimentos de comutação das barras horizontais e verticais. Na figura está representado apenas uma barra horizontal com alguns contatos (em um caso real seriam 10) e uma única barra vertical com apenas dois contatos (em um caso real seriam 12 contatos).

A barra horizontal pode girar em  $+10^\circ$  ou  $-10^\circ$  em relação a posição de repouso, de acordo com o eletroimã acionado (“a” ou “b”). É óbvio, no entanto que os dois eletroimãs (“a” e “b”) nunca podem ser acionados simultaneamente. Os eletroimãs posicionados junto a barra vertical são responsáveis pelo recuo da barra, de forma a efetuar o contato desejado.

A seguir temos, a título de exemplo, os três passos necessários para a comutação da horizontal 2 com a linha 3.

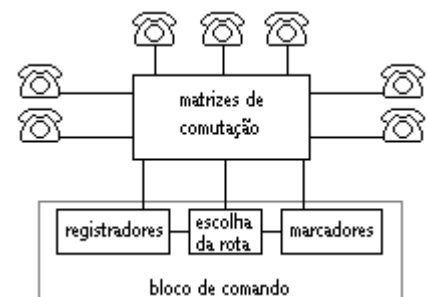




As centrais telefônicas fundamentadas na técnica *crossbar* tiveram grande aceitação mundial, pois suas vantagens são grandes perante as chaves seletoras até então existentes. Em resumo podemos citar que algumas qualidades dos seletores *crossbar* são: rapidez de comutação (em torno de 100ms), manutenção menos dispendiosa e, o mais importante, a quantidade de reles exigidos por uma matriz “n” linhas por “m” colunas é determinada por “n+m”. Exemplificando, enquanto que uma matriz *crosspoint* “100 x 100” exigiria 9900 reles, a matriz *crossbar* “100 x 100” exige apenas 200 reles.

Pela sua característica de construção, a matriz *crossbar* não pode ser controlada diretamente pela discagem do assinante, nos levando a imediata associação com as centrais de comando indireto.

Os registradores armazenam os números discados pelo terminal chamador até o instante em que a conexão se estabelece. A escolha da rota é efetuada analisando-se essa informação memorizada e as vias disponíveis. Uma vez escolhida a rota os marcadores realizam as ações mecânicas para se estabelecer as conexões. Uma vez terminadas as funções de estabelecer a conexão, estes dispositivos são liberados para atender outras chamadas.



Por exemplo os registradores, que tem sua função executada rapidamente, são liberados primeiros; assim a quantidade de registradores em uma central pode ser bastante pequena sem que haja prejuízo na utilização do usuário final (assinante). O mesmo raciocínio vale para os blocos de “*escolha da rota*” e “*marcadores*”, onde cada qual é liberado após terminar sua tarefa naquela ligação.

O bloco de comando e os circuitos de controle em geral, são facilmente contraídos para centrais eletromecânicas (que faz uso dos seletores apresentados) de pequeno porte. No entanto estes circuitos são bastante inflexíveis e se tornam bastante complexos a medida que se desejar ampliar a capacidade da central.

Dada a existência de regras e padrões que podem ser logicamente simulados, para grandes sistemas de controle, é conveniente que tais regras sejam executadas por computadores chegando, assim à definição da central *CPA* (controle por programa armazenado). Nesta o computador atua

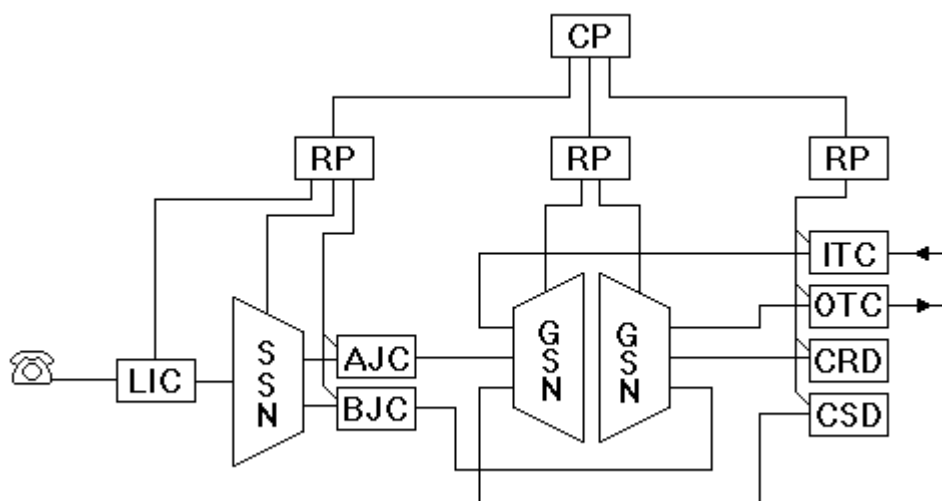
como um dispositivo de controle sequencial, varrendo constantemente as interfaces conversoras, trabalhando em regime de compartilhamento. Uma vez que toda a lógica é determinada por programas, há relativa facilidade de alteração e consequente flexibilidade para expansões futuras.

Com o emprego de um sistema CPA o tempo médio de troca de sinalização diminui sensivelmente, desde que se recebe o “tom-de-disco” até o completamento da chamada, uma vez que os circuitos que interfaceam toda a “ligação” (juntadores), sendo controlados por sistemas digitais, são mais rápidos quando comparados às centrais eletromecânicas convencionais. Desta forma já que as chamadas são completadas mais rapidamente, as linhas permanecem ocupadas por menos tempo, diminuindo o tráfego da central.

Além disso, as centrais CPA apresentam um consumo de energia mais uniforme, não fluando tanto quanto às eletromecânicas convencionais nas quais quanto maior o tráfego, maior o consumo de energia. Em vez disso, nos períodos em que há poucas chamadas em progresso (de madrugada, por exemplo) o processador desvia seu tempo de “ociosidade” para tarefas rotineiras, como autodiagnósticos. Assim teremos um consumo relativamente uniforme seja em HMM (hora de maior movimento) ou em horário de baixo tráfego, carregando menos os circuitos de alimentação (conjunto de acumuladores e retificadores) e, na média, seu consumo ainda é inferior às centrais eletromecânicas.

Pela época em que começaram a surgir (em meados de 1970), as centrais CPA se apresentam basicamente em dois tipos: analógica e digital.

As primeiras centrais CPA's eram consideradas analógicas, pois as informações que trafegam em seus circuitos de fonia são analógicos, e estes circuitos (sensores e relês) é que são comandados por processadores.



A figura apresenta o diagrama simplificado de uma central desete tipo (uma AXE-ERICSSON), onde toda a malha de comutação é constituída por relês e circuitos analógicos, de um dos modelos mais comuns da época. Nessa figura temos:

- **LIC**: interface de linha, possui sensores para indicar o estado da linha.
- **SSN**: estágio concentrador de assinantes, construído a partir de matrizes com relês “reed-switch”.

- **BJC**: juntor de “B”, responsável por enviar o toque de chamada para “B” e enviar tom de supervisão de chamada para “A”. Utilizado, portanto, para chamadas destinadas.
- **AJC**: juntos de “A”, responsável pelo envio de tom de discar e reconhecimento de pulsos decádicos (para o caso de telefone de disco ou semelhante).
- **GSN**: estágio de comutação, construído por matrizes com relês “reed-switch”.
- **ITC**: tronco de entrada, responsável por receber informações de outra central.
- **OTC**: tronco de saída, responsável por informações destinadas a outra central.
- **CRD**: receptor de código, recebe os códigos MFC vindos de outras centrais.
- **CSD**: emissor de código, envia os códigos MFC para outras centrais.
- **RP**: processador regional, cuida da verificação de pontos de teste/status e processamento local.
- **CP**: processador central, responsável pela interação/coordenação de todo o sistema.

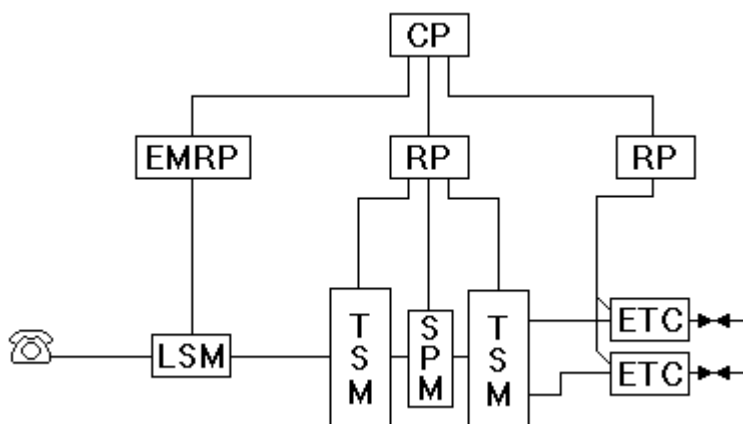
Como foi dito anteriormente, a figura está representando os blocos básicos e de forma bastante simplificada. Além destes, a central deve conter funções de tarifação, operação e manutenção, interface com operador, etc.

Na central CPA analógica vemos que a informação é comutada com auxílio de um sistema digital, mas em todo o percurso ela trafega na forma analógica. A este tipo de comutação, onde as conexões são estabelecidas através de caminhos de voz distintos umas das outras (pelo acionamento de relês), damos o nome de “*comutação espacial*”.

O emprego da transmissão de dados em redes telefônicas é muito comum hoje em dia e tende, em curto prazo, ser predominante em toda a rede. Este fato tem exigido constante aperfeiçoamento da rede telefônica e das malhas de comutação de modo a tornar a comunicação mais eficiente quanto a rapidez com que se estabelece, nível de ruído e compatibilidade com a comunicação de dados. A tudo isto se soma o fato que, em larga escala, a comutação digital se torna economicamente vantajosa (custo por terminal).

Na central CPA digital a informação vinda do assinante é imediatamente convertida para digital, forma na qual recebe todo o processo de comutação. Uma vez que a central, neste caso, só tratará de informações binárias, sua parte “mecânica” (relês) é substituída por elementos de comutação eletrônicos (sem partes móveis) como transistores e CI's eliminando todo o ruído elétrico causado pelo acionamento de relês bem como falhas de continuidade (contato elétrico).

Dessa forma, em uma central CPA digital, temos superioridade de comunicação quanto à qualidade, além da velocidade de comutação que é ainda maior que a analógica. Uma vez que toda a informação a ser comutada estará na forma digital, há a possibilidade de várias chamadas trafegarem por um mesmo caminho de voz, amostradas a intervalos regulares. A comutação que utiliza este tipo de amostragem é denominada de *comutação temporal*. A figura ao lado representa o diagrama simplificado de uma CPA digital.



Na figura temos:

- **LSM**: responsável pela conversão da linha do assinante em digital, envio da sinalização acústica e concentração dos assinantes.
- **TSM**: módulo de comutação temporal.
- **SPM**: módulo de comutação espacial (matriz de relê “reed”)
- **ETC**: juntor bidirecional, responsável por toda troca de informações com outra central, seja sinalização ou conversação.
- **EMRP**: processador regional que atua sobre o estágio de assinantes. Difere do RP por permitir que o estágio de assinantes esteja distante fisicamente do restante do conjunto (estágio remoto).

A figura representa uma central hipotética, já que na prática temos muitas centrais mistas, implementadas com estágios digitais e analógicos em diferentes graus de aplicação.

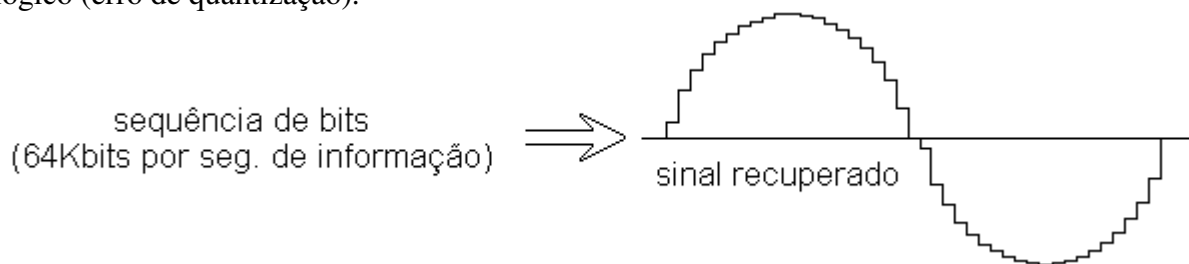
A conversão da informação analógica para digital ocorre no LSM seguindo a técnica PCM (modulação por código de pulso), onde cada canal de informação é amostrado a 8KHz e cada amostragem tem seu valor analógico convertido para uma palavra binária de 8bits.

A figura seguinte ilustra o sinal analógico original e suas amostragens.



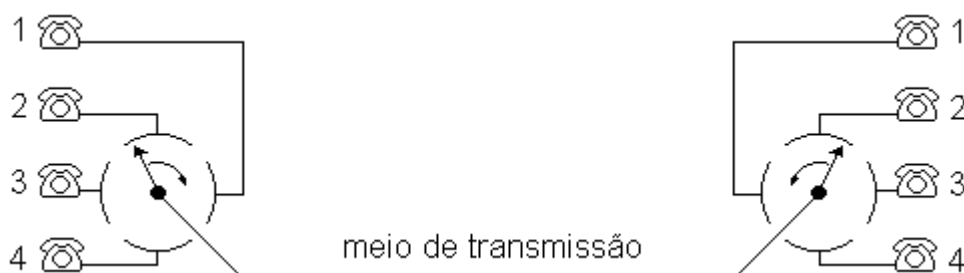
Cada uma das amostras têm seu nível de amplitude utilizado como referência para gerar uma palavra de 8bits, onde o primeiro bit diz respeito a polaridade da amostragem e o restante, aos níveis. Desta forma, a amostragem referente a zero volt resultaria “00000000” enquanto que na amplitude máxima temos “11111111”. É óbvio que neste processo o sinal sofrerá distorções, as quais precisam ser previstas. Para telefonia, no entanto, a distorção introduzida se mostra tolerável para comunicação de voz. Essa distorção é denominada “erro de quantização” e pode ser diminuída com um aumento de bits por amostragem, porém isso exige maiores velocidades de comunicação (bits por segundo).

A figura seguinte representa a distorção gerada pela técnica PCM na recomposição do sinal analógico (erro de quantização).



Para melhor compreender a comutação temporal vejamos o princípio de básico multiplexação *TDM*:

A “multiplexação por divisão de tempo” (TDM - Time Division Multiplex) consiste em realizar a transmissão de várias informações por uma única linha de transmissão, sem que haja interferência entre elas, por meio de amostragens. A figura seguinte ilustra o que foi exposto.

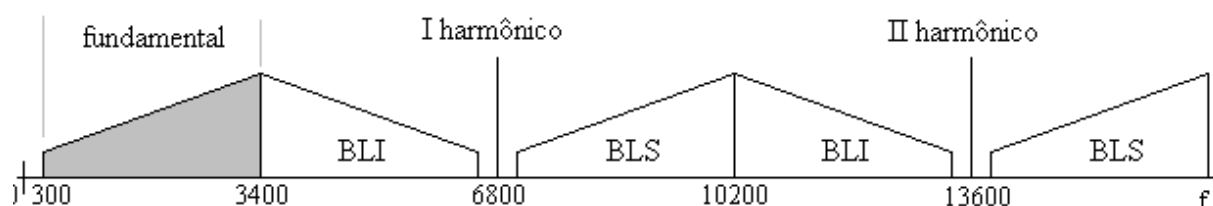


Enquanto cada chave estiver na posição relativa aos telefones “2” (como mostra a figura), o meio de transmissão estabelecerá a comunicação entre eles. O processo de amostragem surge quando as chaves começam a girar. Considerando que ambas rodem com a mesma velocidade, digamos de 1 volta por segundo, teremos 250ms destinados a cada comunicação, ou seja, apenas  $\frac{1}{4}$  de cada informação é transmitida. Para que cada comunicação seja inteligível na recepção, o que se faz é elevar a velocidade de rotação das chaves até um valor que seja imperceptível para o receptor.

A velocidade das chaves é sugerida a partir do “Teorema de Nyquist” sobre amostragem, que afirma que “para recuperar um sinal a partir de amostras é necessário amostrarmos com uma frequência maior ou igual ao dobro da máxima frequência da informação”.

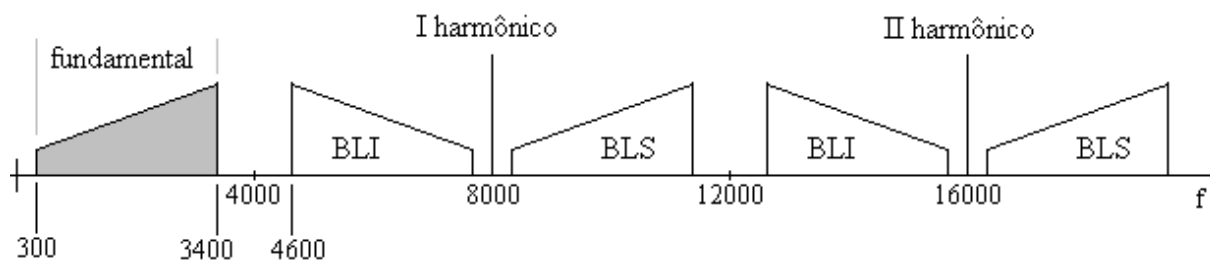
Como a faixa de voz (adotada para telefonia) é de 300Hz a 3400Hz, a frequência de amostragem (correspondente a rotação da chave) deverá ser igual ou superior a 6800Hz.

A figura seguinte mostra o espectro de frequências com a modulação dos sinais de voz em TDM a 6800Hz.



Notamos que há formação de bandas laterais (semelhante à modulação de rádio AM-DSB). Percebemos que para recuperar somente a fundamental (informação) necessitamos de um filtro *passa baixas* bastante seletivo, com corte a 3400Hz, o que é difícil de ser obtido. No caso de a amostragem se dar a menos de 6800Hz, torna-se impossível recuperar a fundamental sem a banda lateral inferior (BLI) do primeiro harmônico (ocorreria a *sobremodulação*).

O valor normatizado pelo CCITT (Consultative Committee for International Telegraph and Telephone) para a frequência de amostragem é de 8KHz. A figura seguinte ilustra o espectro de frequências para esta situação:

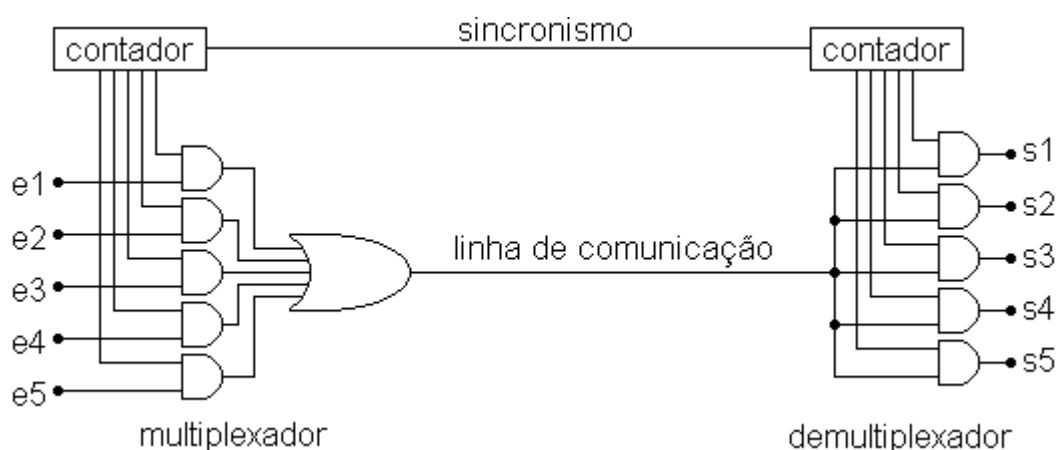


Pela figura notamos que um filtro passa baixa de 3400Hz, porém de baixa seletividade (tolerância de até 1200Hz) permite recuperar a fundamental.

Assim, nesta frequência de amostragem, podemos dizer que a chave demora  $125\mu\text{s}$  para amostrar todos os canais uma única vez (translação). É óbvio que este processo é impraticável por meios mecânicos, sendo então utilizados circuitos eletrônicos. Como o sistema PCM é um sistema cujos canais são transmitidos de modo digital, cada amostra precisa ser transformada da forma analógica para a forma digital.

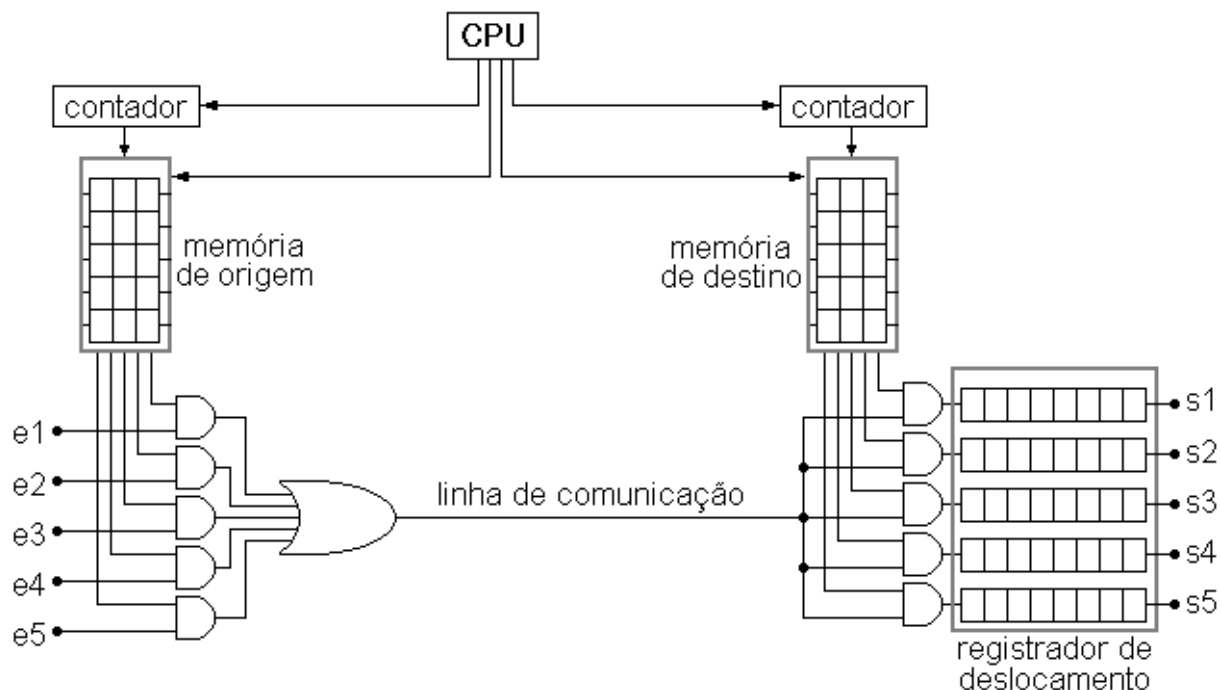
Pois bem, para o caso de comunicação na forma binária as chaves podem ser substituídas por um sistema de contadores e portas lógicas, como mostra a próxima figura.

- Neste circuito a frequência de atuação dos contadores deve ser muito maior que a de entrada de dados. Por exemplo, na figura temos cinco entradas de dados e para não perder nenhuma informação a frequência de contagem deverá ser, no mínimo, cinco vezes a velocidade de dados de uma determinada entrada (supondo que todas atuem na mesma velocidade). A linha de sincronismo mantém os contadores atuando paralelamente garantindo a entrega de informação à saída correspondente; este sincronismo geralmente é uma palavra padrão de bits que trafega pela própria linha de comunicação a intervalos regulares eliminando a necessidade de uma linha extra para si.



Assim como na versão analógica, nas saídas deste circuito teremos um sinal “distorcido” (devido à quantização), uma vez que o período de cada bit estará definido pela velocidade dos contadores. Para contornar tal inconveniente podemos lançar mão de escrita em memórias RAM (ou registradores de deslocamento) de tal forma que a informação entregue em cada saída se apresente idêntica a respectiva entrada, apenas defasada no tempo.

A comutação temporal opera basicamente no mesmo princípio, apenas que na saída a contagem não será seqüencial como na varredura de entrada, por exemplo, se “e2” está se comunicando com “s4”, “e4” com “s2” e os outros mantendo seus correspondentes, teremos a contagem de entrada na seqüência “e1-e2-e3-e4-e5” enquanto que a saída será respectivamente “s1-s4-s3-s2-s5”.



Em uma central CPA real, no entanto, os circuitos são mais complexos porém obedecem o mesmo princípio. Nela temos as identificações dos assinantes armazenados em memórias e, conforme vamos incrementando as funções, vemos que as próprias informações digitalizadas vindas dos assinantes também são armazenadas em memórias.

Na figura apresentada, a “*memória de origem*” contém a identificação da porta entrada e a “*memória de destino*” contém a identificação da porta de saída e habilitam o fluxo de dados entre entrada e saída na ordem desejada. Tudo sob controle da CPU (ela é quem comanda os contadores e a escrita/leitura nas memórias de origem/destino). O uso de registradores de deslocamento possibilita que cada saída forneça sua informação na forma paralela (em bytes).

### *Facilidades de Serviços de Assinante*

Além da velocidade de comutação e imunidade a ruídos as centrais CPA inovaram em serviços aos usuários (assinantes). Estes serviços (denominados *facilidades*) se caracterizam pelo controle do próprio usuário, que efetua as programações pelo teclado do telefone.

Entre as facilidades oferecidas pelas centrais CPA, lembrando que o descrito tem função apenas didática, tendo sido baseado nos códigos utilizados pelas centrais da rede fixa (os códigos da telefonia celular são diferentes embora ofereça facilidades semelhantes), podemos citar as seguintes:

- Chamada em espera / atendimento simultâneo:

Permite ao assinante receber uma segunda chamada enquanto a linha está ocupada. Através de “*flash 1*” (toque rápido no gancho seguido do dígito 1), libera a primeira chamada e atende a segunda. Com “*flash 2*” retém a primeira e atende a segunda chamada, caso dê “*flash 2*” novamente retornará a primeira chamada. Pode ser ativada pelo usuário digitando \*43 no teclado do aparelho telefônico e desativada pela sequência #43.

- Discagem abreviada:

Permite abreviar a discagem de números usuais, programado pelo próprio usuário. É programado pela sequência \* 51 \* n \* número de B # , onde “n” é o código abreviado para uso (0, 1, 2, ...9). Pode ser desativado por # 51 \* n # . O uso se dá digitando-se n# (código abreviado seguido de # ).

- Linha direta (hot line):

Permite que o aparelho telefônico realize uma chamada para determinado número pré-programado assim que for retirado do gancho. É programado pela operadora.

- Bloqueio de interurbano:

Permite ao assinante o bloqueio de chamadas interurbanas. É ativado pela seqüência \* 33 \* senha # e desativado por # 33 \* senha # , onde a senha é programada pela operadora do serviço. A programação pode ser verificada por \* # 33 # .

- Consulta e conferência:

Funciona de forma a permitir que, partindo de uma ligação estendida (em conversação), o assinante provido da facilidade pode chamar para outro sem desconectar o primeiro (com *flash + n*º do assinante “c”). Depois de estabelecida a conversação com “c”, ao se enviar “*flash 2*” retomamos a chamada para o assinante “c” e voltamos a falar com “b”. Com “*flash 3*” teremos uma conferência a três. Com “*flash 1*” desconectamos (desligamos) a chamada de “b” e ficamos com “c”. A ativação desta facilidade é efetuada pela operadora do serviço.

Existem várias outras facilidades como “não perturbe”, “transferência em caso de não responder”, etc., dentre as quais, a título de exemplo, citamos as mais comuns.

Obviamente cada facilidade depende da comercialização da operadora local pois envolve custos adicionais por ocupar memória e processamento da central. Desta forma nem todos os usuários poderão ter todas as facilidades pois são ofertadas em quantidades limitadas. Assim o assinante que desejar alguma facilidade deve consultar a operadora sobre a disponibilidade da mesma e, caso esteja disponível, deverá pagar uma taxa mensal por seu uso.

### *Sinalização entre Centrais Telefônicas*

Dada a necessidade de comunicação entre as centrais foram criados padrões de troca de sinalização que foram evoluindo junto às centrais. Entre as formas de sinalização mais utilizadas encontramos a “*E+M contínua*”, a “*E+M pulsada*” e a “*MFC*” (multifrequencial compelida).

A sinalização entre centrais é dividida em sinalização de linha e de registro.



A  *sinalização de linha* compreende a troca de informações relacionadas com os estágios da conexão e supervisão da linha. Entre os sinais envolvidos podemos citar: ocupação do juntor, atendimento, desconexão, bloqueio, tarifação e rechamada.

A  *sinalização de registro* é a que se refere às informações dos assinantes como identificação, tipo (categoria) e estado (livre, ocupado ou bloqueado).

Na sinalização convencional cada informação passada à outra central recebe como resposta um sinal de confirmação, o que em uma chamada local representa uma troca de aproximadamente 20 sinais, representando um tempo para estabelecer a conexão (de segundos, por chamada) que pode ser considerado elevado quando levamos em conta que uma central telefônica deve estabelecer milhares de chamadas.

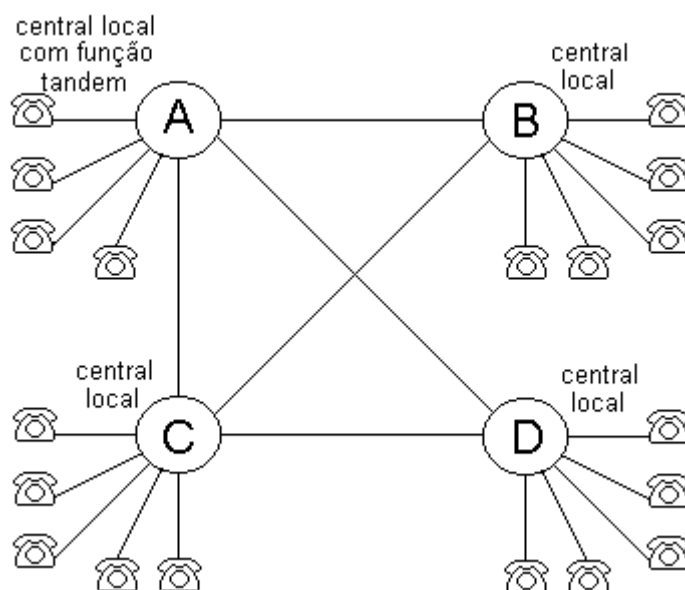
Com a evolução das centrais digitais foram criadas novas formas de troca de informações entre centrais. A sinalização digital vem de encontro a necessidade de estabelecimento de chamadas cada vez mais rápidos e mais confiável. Surgiram diversas formas digitalizadas entre as quais a *“sinalização por canal comum nº7”* se mostra como tendência pois suporta não só a telefonia convencional como a telefonia móvel celular e a comunicação de dados.

Para se ter uma vaga noção do que representa a sinalização por canal comum, o primeiro sinal que é enviado para outra central já traz consigo a completa identificação do assinante de destino (“B”), a identificação da origem (assinante “A”) e a categoria de “A”. Como resposta a essa mensagem, temos outra que informa que foram recebidos os dígitos para encaminhamento da chamada, estado do assinante “B” e outras. Além disso, o próprio fato de ser digital também já colabora para acelerar o processo.

Assim, na sinalização por canal comum, o assinante percebe que, imediatamente após terminado o ato da discagem, já é recebido o tom de supervisão da chamada, o que para o usuário representa um conforto, para as centrais serão linhas ocupadas por menos tempo, o que colabora para uma maior capacidade de escoamento de tráfego.

### *Hierarquia de Centrais Telefônicas*

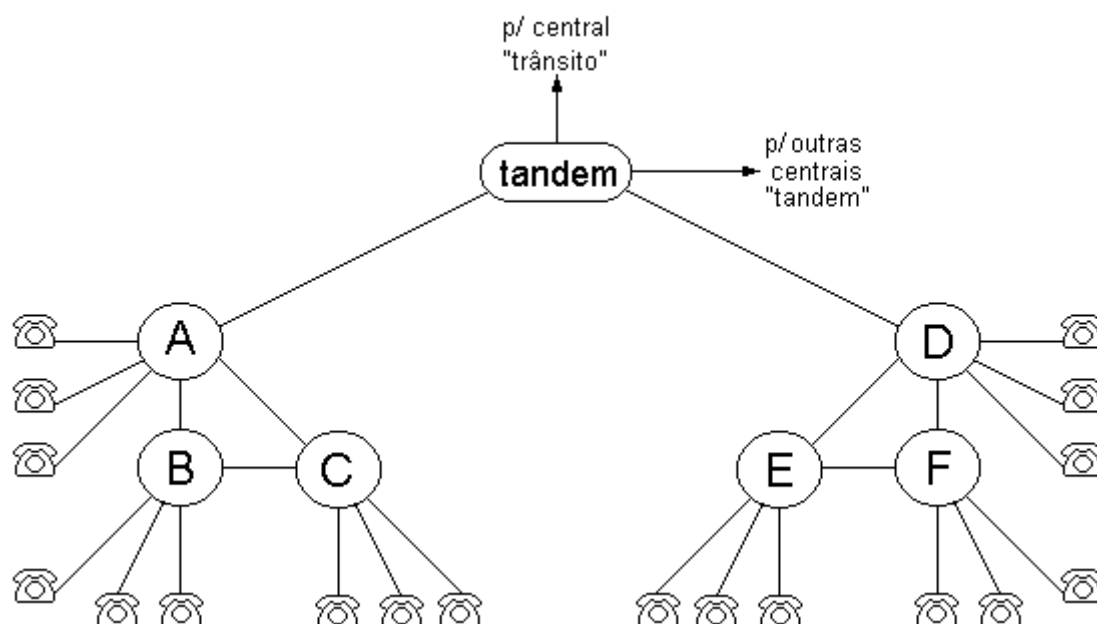
A central telefônica às quais os terminais de assinantes estão conectados atendem uma determinada localidade e, por isso recebem o título de *“central local”*.



Uma central local pode se comunicar diretamente a varias outras que estejam relativamente próximas e inclusive fazer o reencaminhamento de chamadas para outra central, servindo de ponte, função esta denominada “*função tandem*”.

- Na figura temos quatro centrais locais com cabos de comunicação entre si (cabos “*troncos*”). As centrais “B” e “D” não tem comunicação direta entre si e caso haja necessidade de comunicação entre elas (chamadas telefônicas), estas devem fazê-lo via central “A” que possui função tandem.

Com o crescimento da necessidade de comunicação entre centrais surgiu a “*central tandem*” que visa interligar as diversas centrais de uma mesma localidade.



As centrais tandem também são denominadas “*trânsito local*”. As centrais tandem se comunicam, em uma hierarquia superior, com as centrais trânsito. Estas tem por função encaminhar a chamada a nível estadual, nacional e internacional. Encontramos então as centrais trânsito

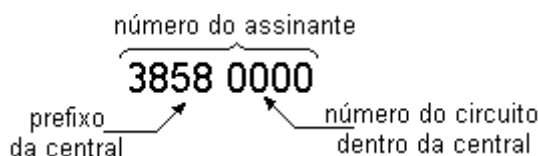
categorizadas por “trânsito estadual”, “trânsito nacional” e “trânsito internacional” de acordo com sua função de encaminhamento.

Quando contratamos os serviços de telefonia de uma operadora, significa que as centrais locais e tandem pertencem a tal operadora. Ao realizar uma chamada de longa distância (interurbano) devemos escolher as centrais trânsito que encaminharão a chamada através do código de seleção de operadora durante a discagem.

### *Numeração de assinantes*

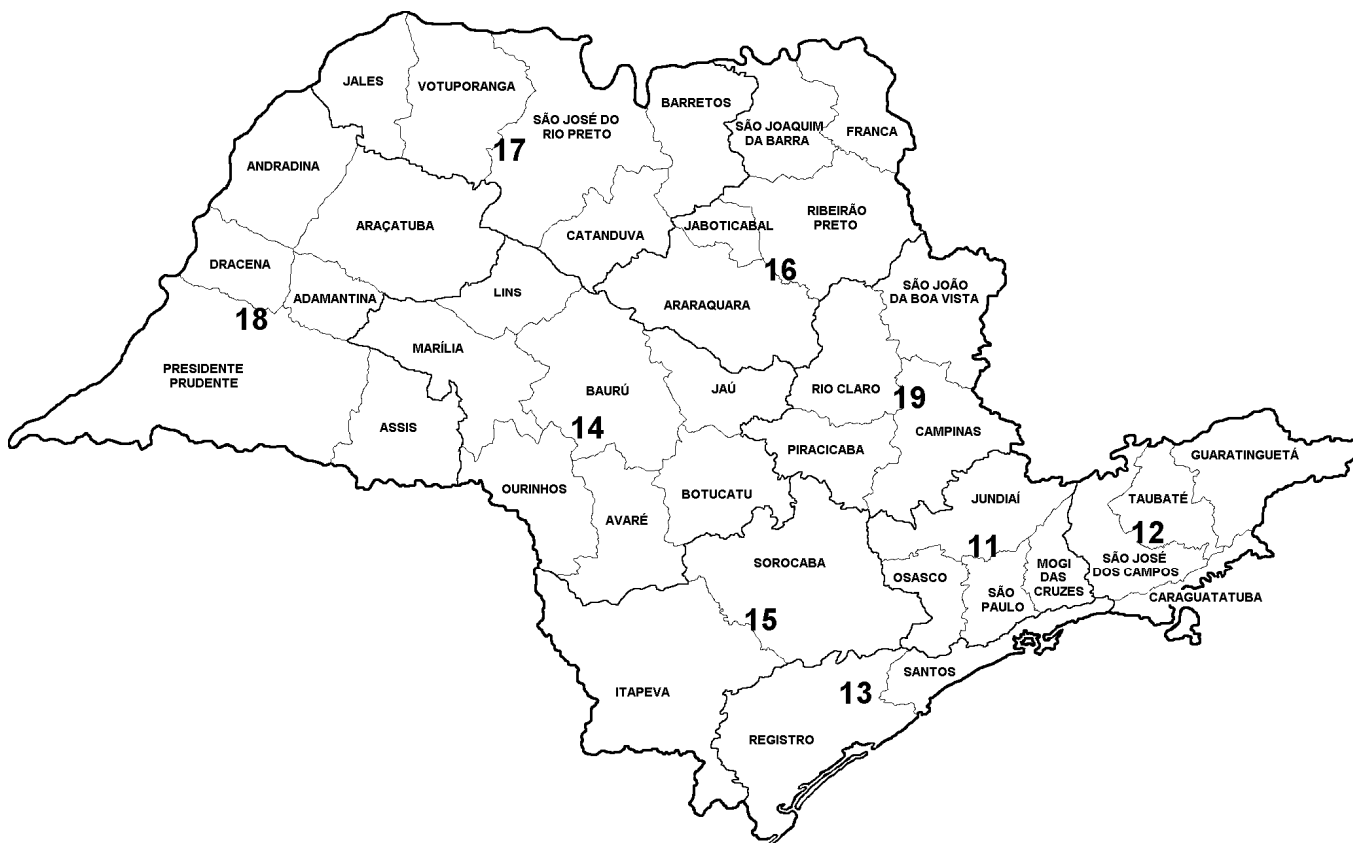
As centrais locais são identificadas entre si por seu prefixo. O prefixo é um código numérico de três ou quatro algarismos.

A numeração dos assinantes dentro de um determinado prefixo é também um código numérico de quatro algarismos que representam a MCDU (milhar, centena, dezena, e unidade) da identificação do circuito do assinante. Assim, o número completo do assinante é dado pelo conjunto formado pelo prefixo da central mais o MCDU de seu circuito.



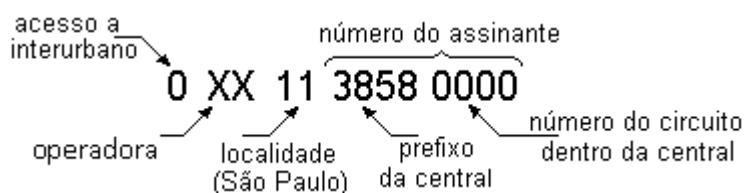
Da mesma forma cada área possui um código de dois algarismos para identificá-lo, por exemplo, São Paulo tem código 11, a região Campinas tem código 19, Ribeirão Preto é 16, a cidade do Rio de Janeiro é 21, Belo Horizonte é 31, etc. Assim é perfeitamente aceitável que existam centrais telefônicas de mesmo prefixo, porém em localidades diferentes. Este código de área é conhecido popularmente por DDD por permitir a “discagem direta a distância” ou seja, sem intervenção da telefonista; como curiosidade, essa nomenclatura foi criada pela Embratel.

A seguir está representado o estado de São Paulo com os códigos das áreas. Note que não estão representados todos os municípios; estão apenas as áreas e regiões com os nomes dos municípios de representação de cada respectiva região.



Para realizar uma chamada interurbana ou internacional também devemos discar um código numérico que, para interurbano (nível nacional) é dado por “0” e internacional é “00”. Além do código de acesso a longas distâncias (0 ou 00), devemos informar a operadora das centrais tântito escolhida para encaminhar a chamada.

Assim, para realizar uma chamada interurbana (de outra localidade) para o número dado como exemplo devemos discar:

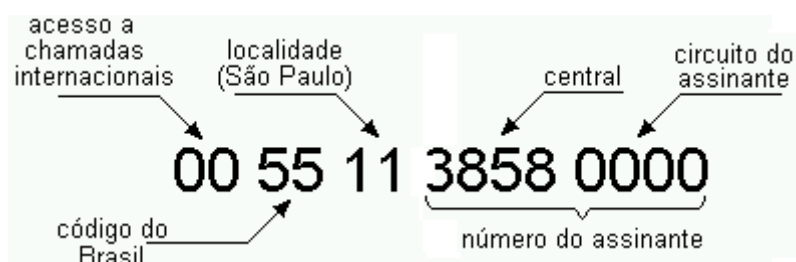


Dos dois algarismos que identificam a localidade o primeiro identifica o estado ou a região do país a qual pertence a localidade, por exemplo, São Paulo (estado) é “1”, Rio de Janeiro e Espírito Santo tem por identificação o “2”, Minas Gerais é “3” e assim pos diante.



Da mesma forma que a identificação das diversas localidades também temos um código numérico para cada país para o caso de chamadas internacionais, por exemplo, o Brasil tem como código internacional o 55, Estados Unidos é 1, etc. Este código é denominado DDI por permitir a “*discagem direta internacional*”.

Da mesma forma que na chamada interurbana, é necessário discar o código de acesso para chamada internacional (“00”) que é universal. Assim, se estivermos no exterior e desejarmos realizar uma chamada telefônica para o número dado como exemplo, deveremos discar:



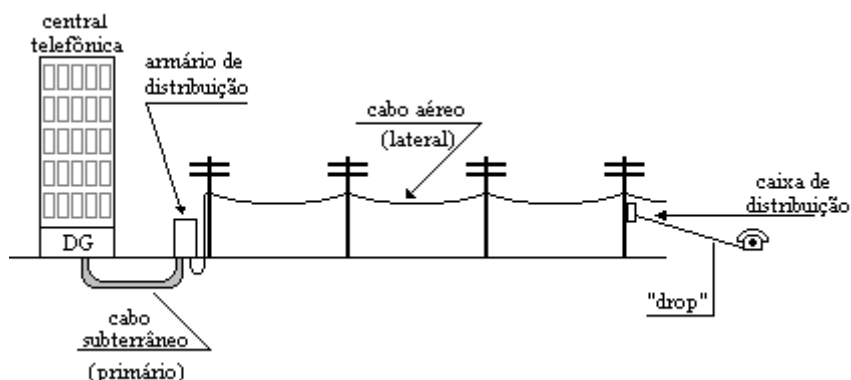
A tabela a seguir apresenta alguns países e seus respectivos códigos DDI.

PAÍS	DDI	PAÍS	DDI	PAÍS	DDI	PAÍS	DDI
África do Sul	27	El Salvador	503	Israel	972	Paquistão	92
Alemanha Ocidental	49	Emirados Árabes	971	Itália	39	Paraguai	595
Alemanha Oriental	37	Equador	593	Iugoslávia	38	Perú	51
Angola	244	Espanha	34	Jamaica	1	Polônia	48
Antilhas Holandesas	599	Estados Unidos	1	Japão	81	Porto Rico	1
Arábia Saudita	966	Etiópia	215	Jordânia	962	Portugal	351
Argentina	54	Filipinas	63	Kuwait	965	Quênia	254
Aruba	297	Finlândia	358	Lesoto	266	Reino Unido	44
Austrália	61	Formosa	886	Líbano	961	República Dominicana	1
Áustria	43	França	1	Libéria	231	Romênia	40
Bélgica	32	Grécia	30	Líbia	218	São Marino	39
Bolívia	591	Groenlândia	299	Luxemburgo	352	Síria	963
Brasil	55	Guadalupe	590	Marrocos	212	Sri Lanka	94
Bulgária	359	Guatemala	502	Martinica	596	Suécia	46
Camarões	237	Guiana	592	México	52	Suíça	4
Canadá	1	Guiana Francesa	594	Mônaco	33	Tailândia	66
Chile	56	Haiti	509	Moçambique	258	Tanzânia	255
China	86	Holanda	31	Montserrat	1	Trinidad y Tobago	1
Chipre	357	Honduras	504	Namíbia	264	Tunísia	216
Cingapura	65	Hong Kong	852	Nicarágua	505	Turquia	90
Colômbia	57	Hungria	6	Nigéria	234	Uganda	256
Coréia do Sul	82	Índia	91	Noruega	47	Uruguai	598
Costa do Marfim	225	Indonésia	62	Nova Caledônia	687	Venezuela	58
Costa Rica	506	Irã	98	Nova Zelândia	64	Zaire	243
Cuba	53	Irlanda	353	Panamá	507	Zâmbia	260
Egito	20	Islândia	354				

### Rede Externa

Da casa do usuário de telefonia (assinante) comunicação é estabelecida por fios metálicos (fios) que, a medida que cresce a concentração, são agrupados em cabos até alcançar a central telefônica. Este quadro compõe a “planta externa” da rede telefônica.

A figura seguinte mostra o aspecto de uma rede telefônica típica.



Da casa do assinante, o par de fios (fio “drop”) sai e junta-se com os pares de outras casas no poste mais próximo, onde há uma caixa de distribuição. Esta caixa permite acesso aos fios dos cabos aéreos reunindo muitos pares de fios, seguindo pelos postes até um armário de distribuição. A partir

deste armário, cabos mais grossos reúnem os cabos de muitos postes e seguem por dutos subterrâneos até o distribuidor geral (DG) do prédio da central telefônica. No “DG” os milhares de fios que vem das ruas são conectados aos fios que vão à central telefônica.

O cabo subterrâneo que interliga o DG e o armário de distribuição é conhecido *por* “*cabo primário*”. O cabo aéreo que interliga o armário de distribuição e as caixas de distribuição é conhecido *por* “*cabo secundário*” ou “*lateral*”. Cada “*lateral*” pode ter dezenas de caixas de distribuição distribuídas ao longo de seu percurso, de forma a atender a centenas de usuários.

Para o caso de grandes empresas, onde a concentração de linhas telefônicas é intensa, é comum o uso de um lateral destinado exclusivamente à empresa.

Manter os cabos da rede primária completamente secos é fundamental. Na maioria desses casos, os fios telefônicos são isolados uns dos outros apenas por papel. Se entrar umidade dentro deles a isolamento elétrica se degrada, resultando em problemas - o mais comum dos quais é a linha cruzada. Como não é possível consertar o isolante de papel, um problema como este costuma resultar no abandono dos pares de fios com isolamento defeituosa.

Para evitar umidade, esses cabos são mantidos dentro de tubos em que se injeta gás inerte ou ar seco, a uma pressão maior que a externa. Como podem haver pequenos vazamentos dentro dos tubos, é preciso manter bujões de alta capacidade para empurrar mais gás se a pressão cair abaixo de determinado nível. Nas caixas de passagens (subterrâneas) onde são feitas emendas, pode haver acúmulo de gases tóxicos e explosivos. Antes de qualquer atividade, os técnicos devem tomar especial cuidado para não entrar em um ambiente que pode ser letal.

Costuma-se chamar a planta externa de “investimento enterrado”. Uma vez construída, não é possível modificá-la; o máximo que se pode fazer é ampliá-la, construindo mais dutos para mais cabos. O projeto dessas redes deve prever, com razoável precisão, quem são e onde estão os usuários potenciais, como a região onde vivem vai desenvolver-se economicamente, onde se construirão condomínios residenciais ou de escritórios, etc. Médias mundiais dizem que a rede deve ser planejada para atender à demanda dos cinco anos seguintes. Um erro de avaliação e os cabos serão enterrados no lugar errado, ou seja, ficarão inúteis.

As redes primária e secundária, juntas, consomem cerca de 50% de todo o dinheiro gasto em um sistema telefônico. Em terrenos acidentados, o custo da rede externa pode chegar a 70% do total. Erros são irreversíveis. Um projeto superdimensionado resulta em dinheiro enterrado; subdimensionado exigirá ampliações que, em geral, são custosas.

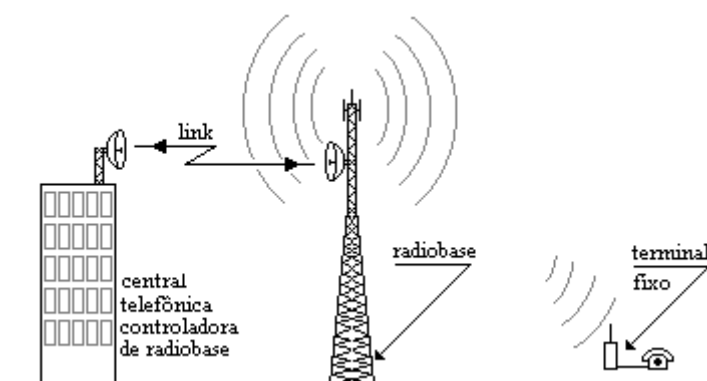
Apesar de toda a dificuldade, uma rede convencional pode ser muito vantajosa. Com um bom projeto e cerca de 100 habitantes por quilômetro quadrado (média mundial), a rede metálica pode dar lucro e ainda permite cobrar dos assinantes tarifas muito reduzidas, sendo indicada para bairros de média e alta concentração populacional. Para bairros com menores quantidades de assinantes a rede convencional se torna muito custosa, tanto quanto a construção como manutenção, o que pode atrasar, em muito, o avanço de sua expansão.

### *Wireless Local Loop - WLL*

Até pouco tempo atrás não havia alternativa à rede convencional (metálica). Com o preço de circuitos integrados caindo todos os anos, enquanto seu poder de processamento e sua velocidade dobram a cada dois anos, em média, as empresas de telecomunicações começaram a propor o WLL (Wireless Local Loop) não mais como ficção científica, mas como realidade tecnológica economicamente viável.

O conceito do WLL é simples: o telefone do assinante é ligado a um equipamento de rádio que troca informações com uma estação de rádio. A estação, por sua vez, está conectada à central telefônica e, a partir dela, a chamada segue seu curso usual.

A figura seguinte caracteriza uma rede WLL:



- Percebemos que a central telefônica deve estar preparada de forma a controlar a estação de radiobase (ERB). O “link” (enlace) entre a ERB e a central pode se dar por rádio (como na figura), fibra ótica ou par de cobre (utilizando modem). A ERB se comunica com o terminal do usuário por ondas de rádio, substituindo todo o sistema de cabos da rede convencional.

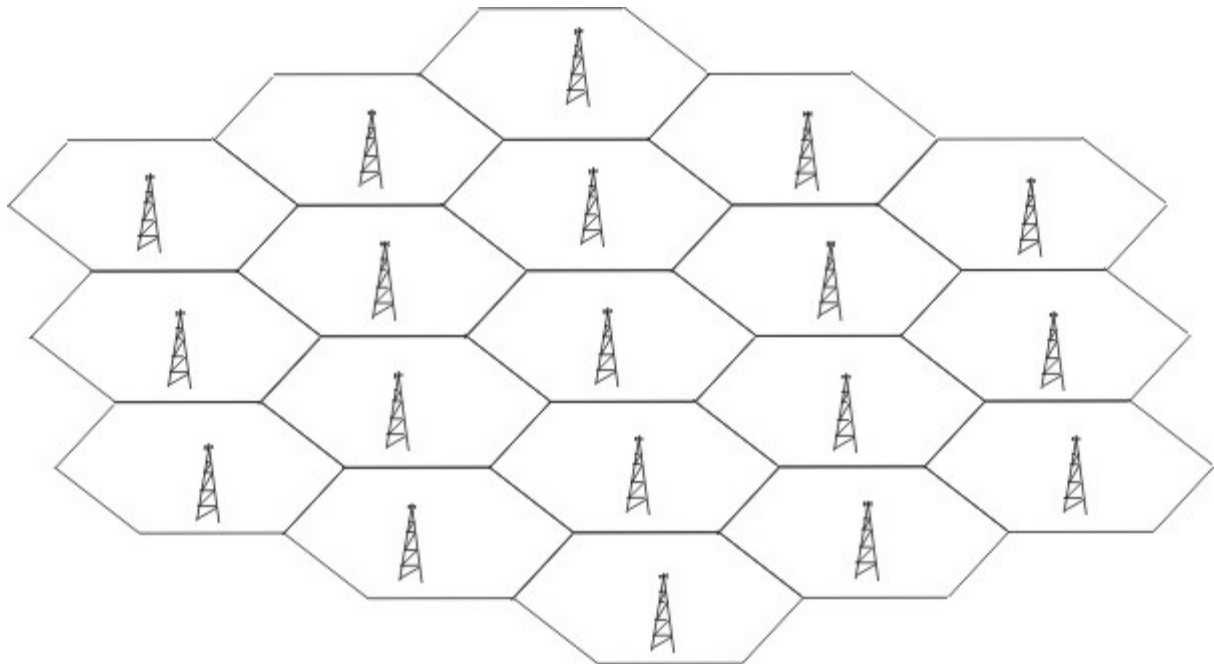
Para que o sistema funcione, é instalado juntamente com o aparelho telefônico o ETA – Equipamento Terminal do Assinante – um aparelho com uma pequena antena, da qual sai o fio que conecta a linha ao telefone comum.

Esse dispositivo é um transceptor de radiofrequência que possibilita a utilização de um aparelho de telefone padrão para acessar a interface aérea de CDMA (Code Division Multiple Access).

O WLL brasileiro trabalha com mobilidade restrita. É que sistemas de WLL permitem que o usuário se mova (lentamente, a pé, por exemplo) dentro de sua área de cobertura. Para isso há terminais portáteis.

O WLL usa o mesmo princípio da *telefonia móvel celular*, do qual é restrita a mobilidade (o celular surgiu como solução para telefonia antes do WLL). Assim, o WLL pode ser definido como um “*celular fixo*”. Entende-se por técnica celular, o processo em que uma área geográfica é subdividida em várias partes denominadas *células* que possuem, em cada centro, uma *estação de rádio base* (ERB).





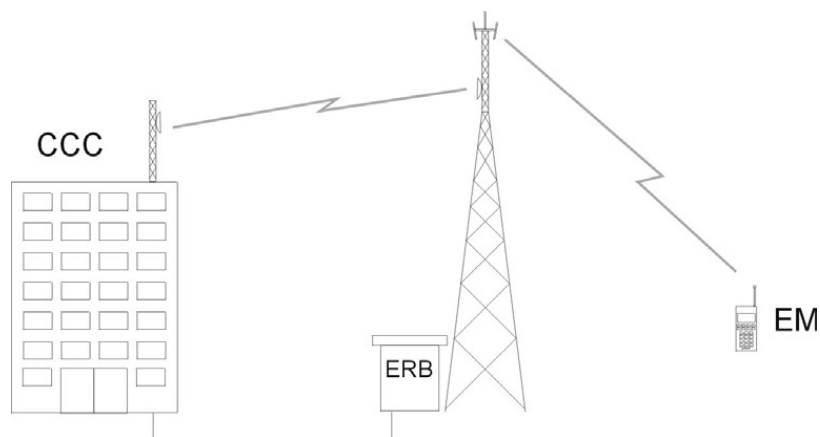
Para facilidade de estudo as células são normalmente representadas na forma hexagonal. Trata-se de uma simplificação pois, na prática é impossível obter tal formato.

A área de cobertura real é uma figura irregular, pois a propagação do sinal eletromagnético depende de vários fatores como: obstrução por morros, declive de terrenos, edificações, vegetações, etc. A localização da ERB, muitas vezes, não está no centro da célula, mas em posições topográficas favoráveis a uma melhor cobertura, de forma que se elimine ao máximo as regiões de sombra e as interferências em outras células.

A dimensão da célula deve adequar-se à densidade de tráfego telefônico. Quanto maior for o tráfego, menor será sua área de cobertura, uma vez que os números de canais disponíveis por célula é limitado. Desta forma, em áreas centrais de uma cidade teremos células bem menores que aquelas encontradas na periferia.

#### *Elementos do SMC*

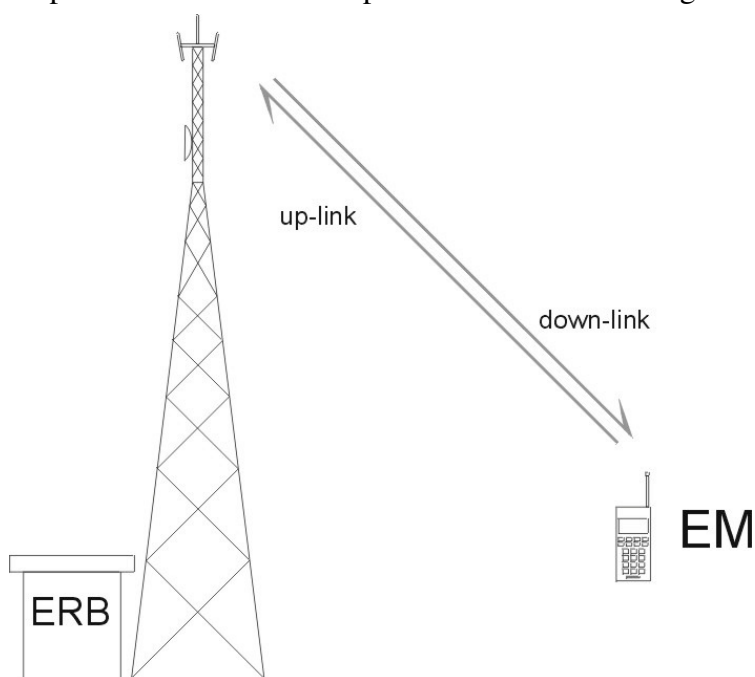
O SMC é composto de Centrais de Comutação e Controle (CCC), Estações Radiobase (ERB) e Estações Móveis (EM).



A CCC é a central de comutação, de tecnologia CPA, de onde se administra as ERB's e as EM's. Ela contém os registros dos usuários supervisiona as chamadas para emissão da "bilhetagem" (tarifação).

A ERB é responsável pela comunicação entre a EM e a CCC. Ela possui os equipamentos de transmissão (amplificadores, torre e antenas) que se fazem necessários para irradiação do sinal celular. É a ERB que transmite e recebe os sinais de controle para estabelecimento da chamada e de voz para estabelecimento da conversação.

A comunicação entre a torre e a EM é denominada downlink. No sentido inverso, temos o uplink.



A EM (estação móvel) é o equipamento celular do usuário final. A EM utiliza um processo conhecido como "*discagem em pré originação*". Quando o usuário pressionar as teclas numéricas da EM, ela apenas armazena os algarismos em sua memória. Eles não são enviados à central telefônica conforme são discados, como em telefones fixos. Quando todo o número de lista for digitado, o usuário deve pressionar uma tecla de envio do número à central. Só neste momento a EM irá iniciar sua comunicação com a ERB. Esta tecla recebe nomes diferentes conforme o fabricante da EM (talk, send, yes, etc).

### Células

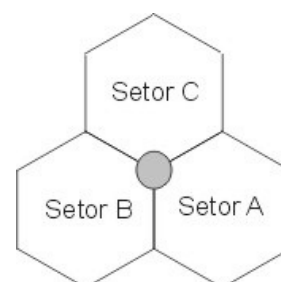
Dá-se o nome de célula à área geográfica coberta por uma estação de radiobase (ERB), dentro da qual a comunicação de rádio (transmissão e recepção) atende às especificações do sistema.

As dimensões dessa área dependem de vários fatores como altura da torre, grau de urbanização e altura das edificações, grau de arborização, irregularidades do terreno, potência de transmissão e tipo das antenas.

Como já foi citado, por questões de simplificação de análise em projetos, para efeitos de estudos a célula é considerada hexagonal por permitir uma análise de cobertura entre várias células, supondo que uma não invada a área de atuação de outra (situação ideal). Obviamente este formato é impossível de se obter na prática, porém suas deficiências podem ser contornadas por otimizações do sistema após a implantação, ou seja, depois que o sistema entra em operação, é feito um ajuste de altura e direcionamento das antenas e potência de irradiação visando minimizar as possíveis falhas (interferências ou deficiência na cobertura).

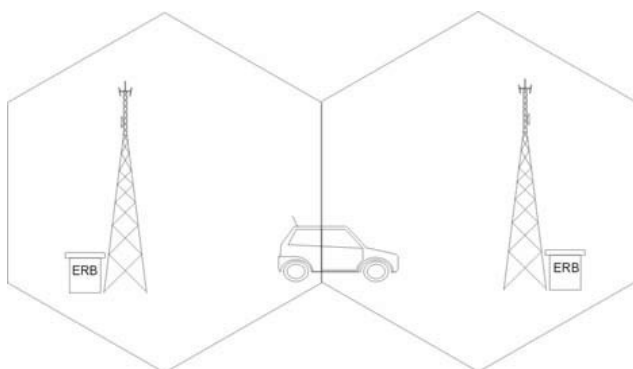
Quando temos uma ERB com uma única antena irradiando igualmente em todas as direções, denominamos de *célula omnidirecional*.

Nas *células setorizadas*, a ERB é equipada com antenas diretivas de tal forma que cada uma cubra uma determinada área. A figura seguinte ilustra uma situação onde cada setor é responsável pela cobertura de 120° de abertura. Note que, neste caso, cada setor é representado por um hexágono. O conjunto dos três hexágonos forma a célula, com a ERB localizada em seu centro.



### Hand Off

Uma estação móvel (aparelho telefônico celular) em conversação e em deslocamento provavelmente passará por várias células durante o percurso. Portanto é necessário que o sistema seja provido de recursos que possibilitem a transferência da chamada deste usuário de uma célula para outra, de forma transparente, sem interrupção da conversação. Este processo é denominado *hand-off*.



Quando é estabelecida uma chamada, o canal de voz desta conexão (entre EM e ERB) é constantemente monitorado pela ERB que mede dois parâmetros: a intensidade do sinal de RF recebido e a relação sinal-ruído da chamada telefônica. Uma queda acentuada em qualquer dos dois pode originar um hand-off.

Se a EM se afasta muito da ERB, o sinal de RF recebido vai diminuindo até um primeiro limiar. Neste ponto, a CCC (central de comutação e controle) solicita às células vizinhas que meçam a intensidade com que recebem o sinal da EM (elas sintonizam momentaneamente o canal de voz da EM). A CCC recebe estas medições e verifica se alguma das ERBs vizinhas apresenta um nível melhor do que a atual. Caso não haja ERB com recepção melhor que a ERB atual, ela mantém a conexão até que seja atingido um *segundo limiar*, onde é enviado um “tom de advertência” ao usuário e a conexão é desfeita. Havendo uma “candidata”, a CCC identifica um novo canal de voz livre e informa a EM e a ERB candidata para sintonizarem no novo canal de voz. Neste ponto há uma

rápida interrupção da chamada, imperceptível para o usuário, momento em que a comunicação é transferida da primeira para a segunda ERB.

O processo de hand-off pode ser intracelular (entre canais de voz de uma mesma célula), intercelular (entre células de uma mesma CCC) ou intersistemas (entre células controladas por CCC's distintas). O hand-off intracelular ocorre quando há nível de sinal adequado, mas a relação sinal-ruído está degradando (abaixo de 18dB). Esta situação pode ser provocada por uma interferência qualquer. Neste caso, a ERB informa o fato à CCC que, por sua vez, escolherá outro canal dentro da mesma célula e comandará a mudança.

### Roaming

A função “*roaming*” permite que usuários do sistema originem e recebam chamadas mesmo estando fora da área de origem, na condição de visitantes na área de outra CCC.

O roaming automático atua da seguinte forma: uma EM, ao entrar em uma nova área de controle e não estando em conversação, registra-se automaticamente na CCC que controla esta área. A CCC visitada informa à CCC de origem sobre sua nova posição. A CCC de origem, por sua vez, registra qual área de serviço o assinante está visitando.

Para que o roaming seja possível é necessário que a central telefônica mantenha um banco de dados atualizado para seus usuários.

- O **HLR** (Home Location Register) é o banco de dados dos usuários locais e contém todas as informações da EM bem como as facilidades de serviço que possui, incluindo permissões de bloqueio (DDD, DDI ou falta de pagamento). Possui ainda registros atualizados sobre a área que a EM se encontra (ou a última que foi encontrada – caso esteja desligada).
- O **VLR** (Visited Location Register) é o banco de dados referente ao usuário visitante na região. Quando uma EM que não pertence a CCC entra em sua área de atuação, a CCC entra em contato com a CCC de origem (a qual a EM pertence) e copia as informações do HLR da origem no VLR visitado. Além disto, a CCC visitada atribuirá um número virtual à EM (TLDN – Temporary Local Directory Number) e informará este número ao HLR da CCC de origem.

Quando chega uma chamada para esta EM, a princípio é encaminhada para a CCC de origem. A CCC consulta o HLR para saber suas propriedades e onde se encontra. Caso esteja visitando (roamer) outra área, a chamada é reencaminhada tendo por base o TLDN. Como o TLDN possui o código DDD e um número da área onde a EM se encontra, esta recebe a chamada reencaminhada. Para o usuário, o TLDN é “transparente”, ou seja, não é informado.

Por ser um número virtual, a cada vez que visita a área a EM poderá receber um TLDN diferente. Toda CCC possui uma série numérica reservada aos visitantes (TLDN). Tanto o HLR como o VLR podem ou não estar integrados a CCC. Em grandes centros (onde a concentração de EM's é muito grande) é comum encontrarmos o HLR/VLR como equipamentos separados fisicamente da CCC, ocupando inclusive prédios distintos. Na realidade, este HLR/VLR é basicamente uma CCC que não possui ERB's.

### A Codificação de Voz:

O método mais comum de digitalização da voz é a “*modulação por código de pulso*” (PCM - Pulse Code Modulation), com uma taxa de amostragem de 64Kbps, resultando em boa qualidade, muitas vezes, maior que o sinal analógico transmitido por fios de cobre.

Quanto maior a taxa de amostragem, maior a faixa de frequências necessária para a transmissão. Como o espectro é “caro”, a indústria vem tentando reduzir o ritmo dos conversores A/D. Para isso usam ao máximo o poder dos processadores de sinais digitais (DSP) para comprimir o sinal de voz em ritmos de até 5,6Kbps. Quanto maior a compressão, menor a qualidade da voz transmitida, resultando em uma voz metálica, uma distorção causada por perda de algumas frequências que compõe o sinal telefônico de voz.

Atualmente as pesquisas vêm mudando este panorama. A compressão usada em alguns sistemas de 13Kbps, é considerada por muitos usuários como sendo de boa qualidade, devido à engenhosidade do algoritmo de codificação. O principal problema a ser resolvido é reduzir o ritmo (por um complexo algoritmo) sem que o processamento provoque atrasos (os de mais de 0,4s são proibidos pela UIT – União Internacional das Telecomunicações) porque causam uma desagradável sensação de que a linha caiu.

### Tarifação na Telefonia Móvel (voz)

Entende-se por tarifação as regras segundo as quais as chamadas são cobradas, ou seja, o processo que gera a conta telefônica.

A tabela seguinte simplifica a estrutura de tarifas aplicada pela operadora de SMC entre seus usuários, e entre seus usuários e os do serviço telefônico fixo.

origem das chamadas	responsável pelo pagamento	destino das chamadas		
		móvel	fixo	móvel deslocado
móvel	originador	VC-1 * VC-2 VC-3	VC-1 VC-2 VC-3	VC-1 * VC-2 VC-3
	destinatário	–	–	AD + DSL-1 AD + DSL-2
fixo	originador	VC-1 VC-2 VC-3	convencional (local, DDD, DDI)	VC-1 VC-2 VC-3
	destinatário	–	–	AD + DSL-1 AD + DSL-2
móvel deslocado	originador	VC-1 * + AD VC-2 + AD VC-3 + AD	VC-1 VC-2 VC-3	VC-1 * + AD VC-2 + AD VC-3 + AD
	destinatário	–	–	AD + DSL-1 AD + DSL-2

\* adicional de 30%, a critério da operadora.

Onde:

**VC-1** = valor da comunicação 1 (chamadas locais entre celulares);

**VC-2** = valor da comunicação 2 (chamadas entre áreas secundárias diferentes, mas mesma área primária);

**VC-3** = valor da comunicação 3 (chamadas entre áreas primárias diferentes);

**AD** = adicional por chamada (chamadas para outras operadoras);

**DSL-1** = deslocamento 1 (áreas secundárias diferentes, mas mesma área primária);

**DSL-2** = deslocamento 2 (áreas primárias diferentes).

### *As gerações da comunicação móvel celular*

A primeira geração (1G) foi caracterizada pela tecnologia analógica AMPS (Advanced Mobile Telephone System). Era focado na comunicação de voz. Utilizava FM (frequência modulada) com canais de 30KHz de largura. A ERB operava com potências ao redor de 10W, enquanto a EM (aparelho celular) podia atingir 600mW. A potência da EM era controlada pela ERB; quando próximo, reduzia a potência. O sistema analógico exigia grande consumo das baterias dos aparelhos, fazendo com que possibilitassem poucas horas de conversação com a mesma bateria.

A segunda geração (2G) foi a evolução natural do 1G. Teve início com o compartilhamento dos canais de acesso AMPS usando a técnica TDM (Time Division Multiplex). As primeiras versões foram chamadas de E-AMPS (E = Extended), depois de TDMA (Time Division Multiple Access).

O TDMA usava canais de 30KHz (como no AMPS) compartilhados no tempo entre três usuários.

Na Europa, no final dos anos 1980, a necessidade de padronização para um sistema único para todos os países europeus levou o Group System Mobile a criar o Global System Mobile (GSM).

O GSM também usa a técnica TDM, porém com canais de 200KHz, compartilhados entre até oito usuários.

O sucesso comercial do GSM fez com que muitos países o adotassem, possibilitando o desenvolvimento de aparelhos e serviços por diversos fabricantes. A produção em massa possibilitou o surgimento de aparelhos de custo reduzido.

Evoluções no protocolo do GSM levaram ao surgimento do GPRS (General Packet Radio System) e depois o EDGE (Enhanced Data rate for GSM Evolution), possibilitando chegar a 540Kbps de comunicação de dados. Essas evoluções são consideradas “2,5G”.

No início da década de 1990 a Qualcomm apresentou a tecnologia CDMA para uso civil em sistemas celulares (até então era restrito ao ambiente militar).

O CDMA (Code Division Multiple Access) se baseia na divisão por código, ou seja, todas as estações transmitem na mesma frequência, porém apenas os pares que detiverem o mesmo código podem se comunicar.

A grosso modo, podemos comparar a comunicação CDMA com a que ocorre em uma sala com diversas pessoas em conversação, onde os pares conversam em línguas diferentes (português,

inglês, francês, alemão, japonês, grego, etc.). Nesse caso, a língua de conversação é o código que os demais não são capazes de decodificar.

Em São Paulo, o CDMA foi o utilizado pela Telesp Celular (Hoje Vivo) mas, embora seja tecnicamente superior ao GSM em serviços, possuía aparelhos mais caros e, por isso, não era atrativa para a população. A tecnologia CDMA em São Paulo foi desligada totalmente em 2011, sendo substituída por uma rede GSM-EDGE.

Assim como o GSM, o CDMA teve evoluções denominadas 1xRTT (Radio Transmission Technology) que possibilitava dados a 144Kbps e o EvDO (Evolution Data Only), com até 2Mbps de taxa de dados. O EvDO só não foi considerado como “3G” porque é dedicado a dados (não trafega voz).

Essas tecnologias (1xRTT e EvDO) também são consideradas “2,5G”.

A principal característica das redes “2G” foi o surgimento de serviços de dados como o SMS (Short Message Service) e WAP (Wireless Application Protocol) – uma Internet rudimentar, em modo texto. Surgiram aí os primeiros aparelhos com display colorido e câmeras rudimentares.

A evolução das câmeras e poder de processamento dos aparelhos possibilitaram novos serviços como o MMS (Multimedia Message Service) – envio de fotos e pequenos vídeos por mensagens.

A terceira geração (3G) possibilitou o surgimento do WAP2, videochamadas e aprimoramentos no MMS. Com o “3G” surgiu o termo “triple-play”, representando os serviços oferecidos de voz, dados e imagem.

O “3G” oferece serviços de dados com taxas maiores que 256Kbps e popularizou a utilização do modem celular.

O modem celular é um aparelho celular simplificado: não tem display, altofalante, microfone, bateria, vibracall nem teclado. Mas possui linha (número telefônico) e pode realizar e receber chamadas, enviar e receber SMS/MMS além de conectar à Internet (dados).

Com a diversificação de serviços, incluindo a comercialização de modem de dados (um celular sem bateria, sem display e sem microfone) a Anatel (Agência Nacional de Telecomunicações) trocou o nome do serviço prestado pelas operadoras de Serviço Móvel Celular (SMC) para Serviço Móvel Pessoal (SMP).

A tecnologia 3G usada no Brasil é a WCDMA (Wide Code Division Multiple Access) com sua evolução, o HSPA (High Speed Packet Access – “3,5G”).

A quarta geração (4G) é representada pelo LTE (Long Term Evolution). Essa é a única tecnologia aceita como 4G pelo ITU. O LTE foi idealizado para fornecer até 100Mbps com o usuário em movimento e 1Gbps com o usuário parado. Essas taxas são teóricas e definem o limite da tecnologia. Em São Paulo, durante a implantação, em 2013, foram obtidas taxas de até 30Mbps com o usuário parado.

Com a liberação de uso para a população, são comuns taxas entre 6Mbps e 18Mbps, dependendo de vários fatores como: distância da torre, quantidade de acessos (usuários) simultâneos à torre no momento da medição além da calibragem dos equipamentos da operadora.

Com o “4G” temos o “quadruple-play”: voz, dados e imagem com mobilidade.

Visão de 2015: vem aí a quinta geração (5G). A quinta geração ainda não tem tecnologia definida e não é especificada pelo ITU (International Telecommunications Union).

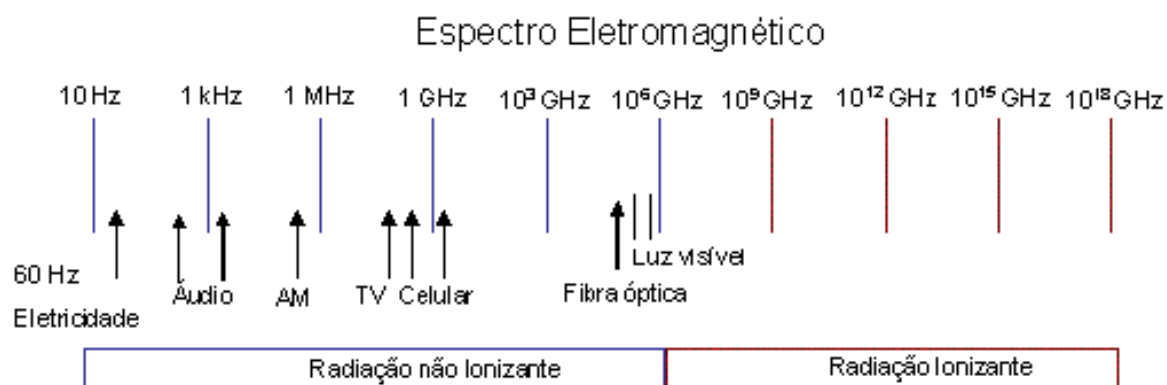
Em maio de 2013, a Samsung anunciou que conseguiu transmitir dados a uma velocidade de 1Gbps entre 2 terminais a 2Km de distância.

A nova tecnologia utiliza frequências EHF, mas ainda não responde a nenhuma das normas técnicas reconhecidas pelos organismos internacionais.

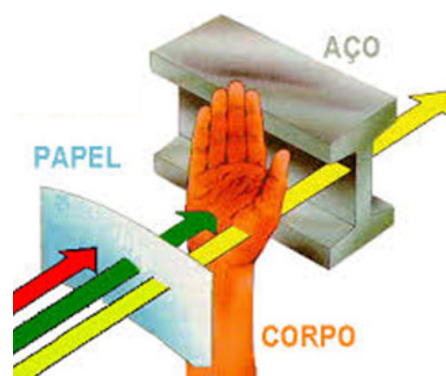
Apenas especula-se a apresentação do “5G” para meados de 2020. Antes disso, ainda teremos um “4,5G”.

### Radiação

A radiação emitida por emissores, incluindo torres e aparelhos celulares, pode ser do tipo ionizante ou não ionizante. O elemento principal que caracteriza a radiação é a frequência da onda.

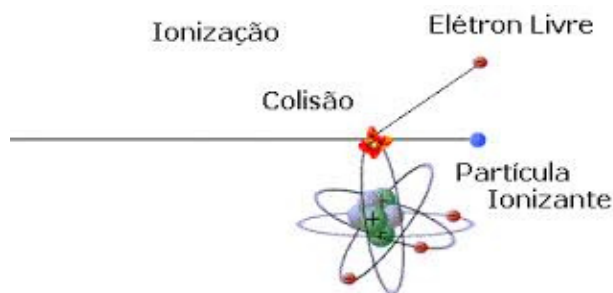


**Radiação ionizante** é aquela que possui energia suficiente para ionizar átomos e moléculas.





A energia mínima típica da radiação ionizante é de cerca de 10eV. Pode danificar células e afetar o material genético (DNA), causando doenças graves.



**Radiações não ionizantes** são as radiações de frequência igual ou menor que a da luz (abaixo de  $\sim 8 \times 10^{14}$  Hz - luz violeta).

As ondas de rádio (incluindo as faixas de celulares) estão muito abaixo da ionizante:

- Banda A = 850MHz (CDMA/GSM/WCDMA)
- Banda B = 900MHz (GSM/WCDMA)
- Banda L = 1800MHz (GSM)
- Banda M = 1900MHz (GSM)
- Banda J = 2100MHz (WCDMA)
- Banda S = 2600MHz (LTE)



Não havendo ionização, o que se pode esperar é aquecimento por agitação molecular.

A OMS estabelece os níveis máximos à exposição de RF.

Os níveis consideram uma margem de segurança de 50 vezes em relação ao limite médio suportável pelos órgãos do corpo. Esse limite (Densidade de Potência) é de 4,35W/m<sup>2</sup>.

Na prática, podemos estabelecer as distâncias mínimas a serem mantidas das antenas:

- TV UHF = 40m
- Rádio FM = 30m
- TV VHF = 15m
- Telefonia móvel = 2m (da antena de TX com 20W!!!)

Os primeiros aparelhos móveis operavam com até 0,6W. Os atuais, com a digitalização, uma fração disto. A utilização de baixa potência em antenas indoor também garante a segurança.

A Anatel exige que as operadoras contratem entidades independentes para, periodicamente, realizarem medições e emitirem laudos a respeito dos níveis seguros da radiação eletromagnética, conforme estabelecido pela OMS. São realizadas medições e emissão de laudos também para aterramento e emissão de ruídos.