



Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Engenharia Elétrica e Informática
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica

Karolie Nobre Dantas Grassi

Sistema de monitoramento do ambiente do Laboratório de
Instrumentação e Metrologia Científicas usando sensores de presença

Campina Grande
Setembro de 2009

KAROLIE NOBRE DANTAS GRASSI

Sistema de monitoramento do ambiente do Laboratório de Instrumentação e Metrologia Científicas usando sensores de presença

Relatório de estágio supervisionado apresentado à Coordenação de Graduação de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito para obtenção do grau de Engenheira Eletricista.

Orientador: José Gutemberg de Assis Lira

Campina Grande

Setembro de 2009

Agradecimentos

Aos professores Freire e Gutembergue, pela orientação e conselhos, por acreditarem na minha capacidade e pelas oportunidades que tem me concedido de aprender.

A meu namorado e colega de profissão, Bruno Emmanuel, pelos aconselhamentos acerca deste trabalho e pela presença paciente e carinho que me dedica.

A todos os professores, funcionários, colegas de ambiente de trabalho e em especial aos amigos que me acompanharam e que de fato contribuíram positivamente nesta etapa da minha caminhada.

Dedicatória

A Deus.

A minha família, em especial meus pais Eugênio Pacelli Dantas Grassi e Joseiza Nobre Fernandes, que me deram suporte e que se dedicam com afinco e amor à missão de pais também educadores; a minha irmã Estephanie, que com muito carinho e paciência me apoiou; a minha avó, Izabel Fernandes Nobre, sempre nutrindo minhas esperanças com palavras de incentivo e amor.

Índice

| | |
|--|----|
| 1. Introdução | 1 |
| 2. O laboratório | 2 |
| 3. Atividades desenvolvidas | 3 |
| 3.1 Avaliação dos tipos de sensores viáveis para o projeto | 3 |
| 3.1.1 Tecnologias | 3 |
| 3.2 Comunicação entre sensores e central de monitoramento | 26 |
| 3.3 Requisitos do <i>hardware</i> do sensor | 27 |
| 3.3.1 Ambiente externo | 27 |
| 3.3.2 Ambiente interno | 28 |
| 4. Conclusões | 30 |
| 5. Referências bibliográficas | 31 |
| 6. Anexos | 32 |

1. Introdução

Este relatório tem como objetivo principal descrever as atividades desenvolvidas no estágio curricular que foi realizado no Laboratório de Instrumentação e Metrologia Científicas do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande, durante os meses de maio e junho de 2009.

O estágio foi realizado na área de Instalações Elétricas, visando a projetar um sistema monitoramento do ambiente do laboratório usando sensores de presença, considerando os aspectos técnicos (tipo e configuração dos sensores entre as disponíveis no mercado, distribuição e disposição no ambiente) e econômicos (custos de aquisição/compra, instalação e manutenção do sistema). O sistema projetado deve utilizar sensores com tecnologia de menor custo possível e atender os requisitos de segurança contra invasão desejados.

2. O laboratório

A partir das plantas baixas fornecidas no laboratório, foi possível ter idéia das dimensões dos ambientes a serem monitorados, para escolha e posicionamento dos sensores, como mostrado na figura 1.

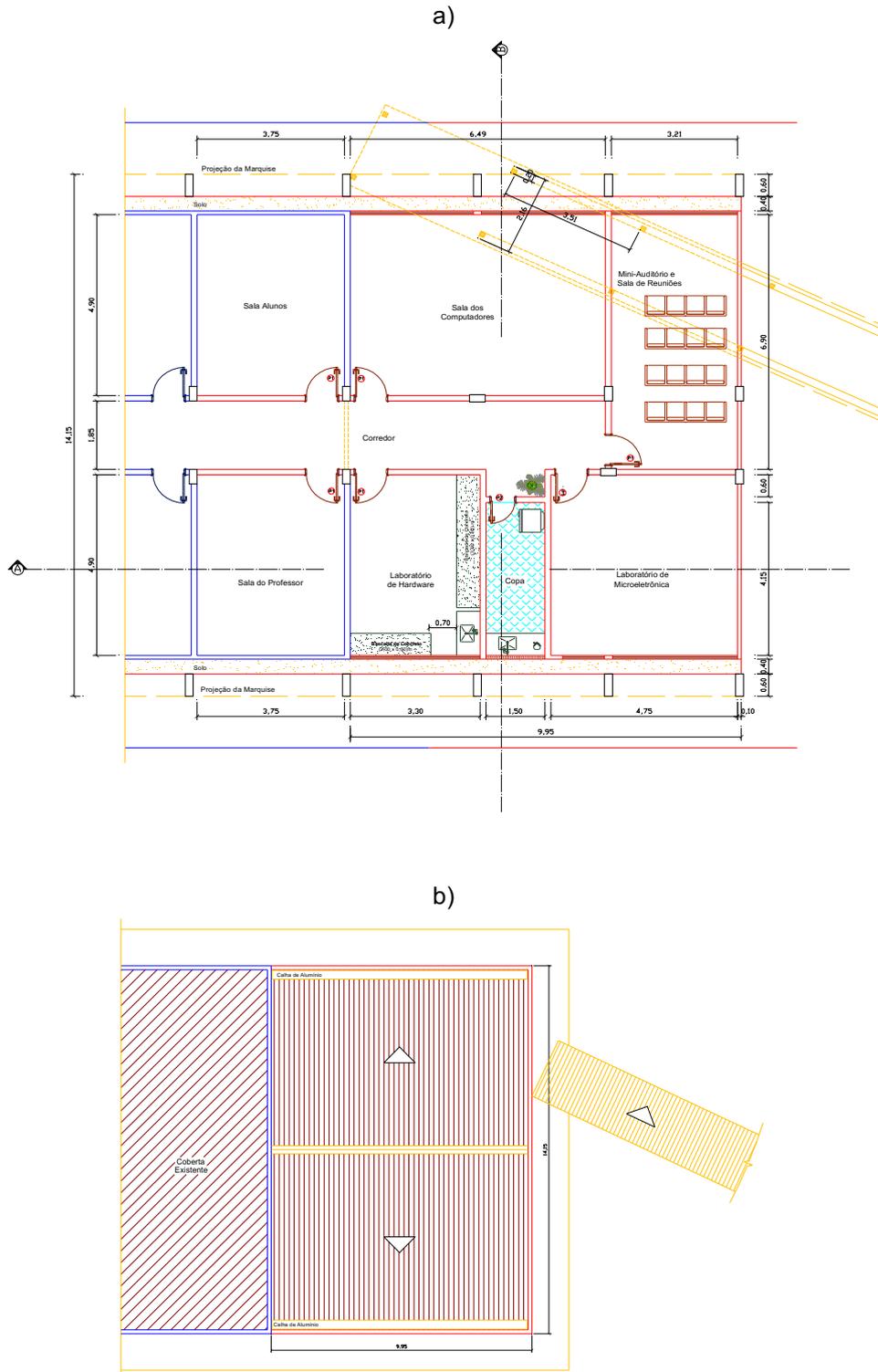


Figura 1: Planta baixa dos ambientes a serem monitorados: a) parte interna (laboratórios); b) parte externa (telhado).

3. Atividades desenvolvidas

Inicialmente, fez-se um levantamento das tecnologias atualmente utilizadas em sensores de presença para detecção de pessoas. Em seguida, foram analisadas quais tecnologias se adequam melhor às condições dos ambientes a serem monitorados: os ambientes internos do laboratório e o telhado. Feito isto, analisou-se a viabilidade econômica do uso dos sensores tecnicamente viáveis, bem como as possíveis configurações e quantidades de sensores necessárias para monitorar a área de cobertura do sistema.

3.1 Avaliação dos tipos de sensores viáveis para o projeto

A partir de informações de fabricantes de sensores de presença e das restrições de cada tipo de sensor, delimitou-se as condições para a determinação da quantidade e do posicionamento dos sensores de presença em cada um dos ambientes (internos e externos) do prédio do laboratório.

3.1.1 Tecnologias

Atualmente, são utilizados em ambientes internos de prédios e residências como medida de segurança, sensores para a detecção de possíveis invasores do ambiente e geração de um sinal que controle o disparo de um alarme. Estes sensores geralmente são chamados sensores de presença em se tratando de ambientes ocupados na maior parte do tempo e de ocupação em se tratando de ambientes desocupados na maior parte do tempo; há ainda os de movimento, sensíveis ao deslocamento de um corpo.

Com esta função, geralmente são usados sensores que se baseiam em diferentes tecnologias. Para evitar ou minimizar transtornos com alarmes falsos e garantir uma taxa de detecção confiável, cada tecnologia requer a observação de restrições quanto à instalação, operação e manutenção do sensor. Desta forma, algumas são mais adequadas ao uso em ambientes internos e outras a ambientes externos, possivelmente mais hostis.

A seguir, são descritas as tecnologias que melhor se adequam a este projeto e os problemas e restrições que cada uma apresenta.

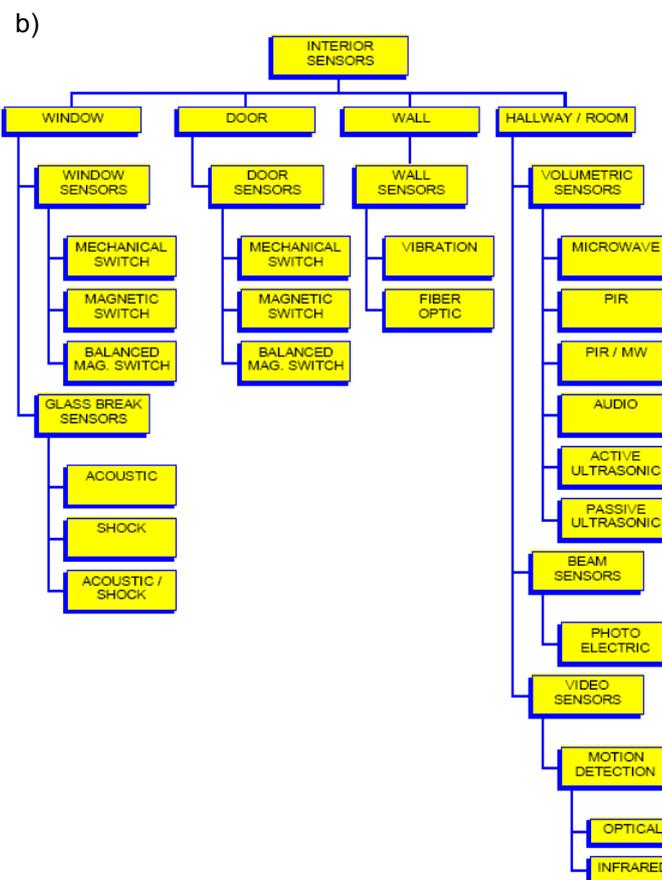
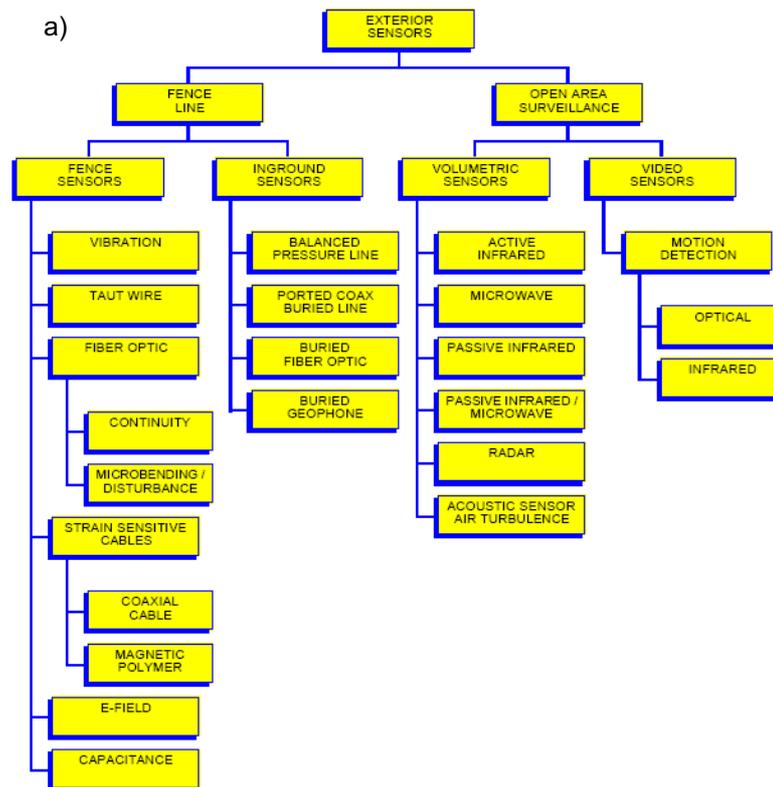


Figura 2: Aplicações das tecnologias de sensores para detecção de invasores em ambientes a) externos; b) internos.

Sensores de dupla ou de tripla tecnologia

Quando o local a ser protegido apresenta muitas variáveis que podem causar alarmes falsos, como trânsito de pequenos animais, fortes correntes de ar, etc., podem ser usados elementos sensores baseados em tecnologias diferentes (geralmente, duas ou três tecnologias) em uma mesma unidade de detecção. Nestes casos, geralmente utilizam-se um sensor de infravermelho passivo com um sensor de microondas ou um sensor de infravermelho com um sensor de ultrassom, ou ainda uma destas combinações em conjunto com uma unidade de processamento digital de imagens. Desta forma, a saída da unidade de detecção somente apresenta um valor lógico que identifique uma detecção se os três elementos detectarem a presença ao mesmo tempo. A desvantagem deste tipo de sensor é o custo associado a cada unidade, que é consideravelmente alto em comparação com os sensores que utilizam apenas uma tecnologia.

a) Sensores de infravermelho

Podem ser do tipo passivo ou do tipo ativo. Os sensores que detectam infravermelho têm, basicamente, no elemento receptor, um elemento chamado um pirossensor.

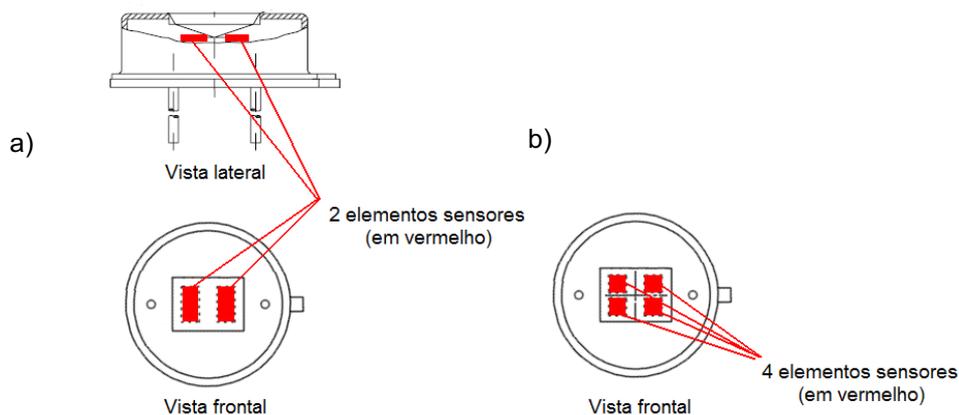


Figura 3: Vistas lateral e frontal de pirossensores a) com dois elementos; b) com quatro elementos.

a.1) Sensores passivos

Princípio de funcionamento: Sensores de infravermelho passivos (PIR ou Passive Infrared) não transmitem um sinal: o elemento sensível, o pirossensor, simplesmente registra o sinal recebido. O pirossensor é tipicamente dividido em vários setores, cada um definido com limites específicos. A detecção ocorre quando uma fonte que irradia energia térmica no espectro do infravermelho cruza os limites adjacentes de dois setores ou cruza o mesmo limite duas vezes dentro de um tempo especificado, ou seja, os sensores PIR (*Passive Infrared*) não medem a quantidade de energia em si, e sim a mudança na energia irradiada normalmente medida sobre a superfície para a qual o sensor

aponta, em função da qual varia o nível lógico da saída do sensor. Geralmente, estes sensores têm ajustes de sensibilidade e de alcance.

O comprimento de onda do PIR é subdividido por faixa em duas categorias principais: uma cobre o NIE (*Near Infrared Energy*, a exemplo da energia térmica emitida pelos dispositivos de controle remoto de TV), e outra a FIE (*Far Infrared Energy*, a exemplo da energia térmica emitida por seres humanos), que é usada em aplicações de segurança.

Os princípios da Óptica são usados diretamente no funcionamento dos PIRs, na reflexão/focagem das ondas de energia, que é feita de duas formas: pela focagem refletiva ou pelo método das lentes de Fresnel. Na focagem refletiva, as ondas de energia são refletidas para fora de um espelho côncavo e direcionadas para dentro do elemento sensível do sensor. Através da lente de Fresnel por sua vez, e talvez o método mais utilizado, a energia segue diretamente do corpo emissor para o sensor. A configuração da lente de Fresnel, que é plana e com múltiplas faces curvas, permite um aumento do alcance do sensor com uma distância focal (e dimensões) reduzida com relação a uma lente esférica convencional; em contrapartida, a área de detecção efetiva apresenta lóbulos, ou seja, não é perfeitamente esférica, o que introduz zonas "mortas" no campo de observação. Ambos os métodos usam algum tipo de cobertura protetora sobre o sensor, de modo que a perda de energia é inevitável, mas ambas as configurações funcionam bem. O uso de lentes e refletores/espelhos permite também que os campos de observação sejam mudados ou segmentados. O design do sensor de infravermelho passivo pode ter uma "cortina de lentes" característica que ofereça uma completa barreira de proteção, através da eliminação de zonas mortas. PIRs deste tipo são ideais para proteger corredores ou pontos de entrada.

A configuração do sensor – de acordo com o número de elementos detectores do pirosensor, e o encapsulamento do conjunto pirosensor-lente e dos circuitos de condicionamento – permite diferentes tipos de cobertura do ambiente:

- Geral: abertura de visão com ângulos entre 85 e 110 graus. A cobertura do raio de cobertura pode variar entre 8 a 15 m;

- Corredor: abertura de visão com ângulo fechado em torno de 22 graus, com raio de cobertura de 20 a 30 m;

- Corredor duplo: Dupla abertura de visão com ângulo de 85 a 110 graus entre si e 20 graus cada um. O raio de cobertura chega de 20 a 30 m;

- Cortina: abertura de visão de aproximadamente 8 graus, com um raio de cobertura de 12 a 30 m, formando uma verdadeira cortina;

- Teto: Instalado no teto do local, que não deve ultrapassar a altura de 3,5 metros. A abertura de visão é de 360 graus e o raio de cobertura é igual a aproximadamente três vezes a altura do local da instalação.

Restrições: Os sensores de infravermelho passivos devem ser instalados em paredes ou tetos, com o campo de detecção cobrindo as possíveis áreas de invasão. Cada campo de observação pode ser focalizado sobre áreas onde a proteção é necessária, ignorando-se outras áreas, como fontes conhecidas de alarmes falsos. Os PIRs instalados em colunas ou tetos teoricamente oferecem

um padrão de detecção de 360°. Para que o nível lógico da saída do sensor varie, a mudança da imagem de calor deve ocorrer sob as seguintes condições:

1. Deve haver uma diferença mínima de temperatura de $\pm 16,77$ °C entre o objeto a ser detectado e o fundo.

2. O objeto a ser detectado deve se mover a uma taxa de pelo menos 10,16 cm/s.

O comprimento de onda do infravermelho é medido em microns, com o corpo humano produzindo infravermelho na faixa de 7 a 14 microns, para a qual a maioria dos sensores PIR são projetados. Para evitar a captura de desvios térmicos do ambiente, o circuito de medição da Taxa de Mudança ou o circuito de contagem de pulsos bidirecional é usado.

O microprocessador encapsulado no sensor analisa a velocidade na qual a energia no campo de observação muda. Os movimentos de um invasor no campo de visão resultam em uma taxa de mudança muito rápida, enquanto flutuações de temperatura graduais resultam em uma taxa de mudança lenta. Na técnica de contagem de pulsos bidirecional, os sinais de sensores de temperatura separados produzem polaridades opostas. A entrada de um humano não protegido/isolado no campo de visão se movendo a uma velocidade típica (de caminhada ou acima) normalmente emitirá muitos sinais que permitem que a detecção ocorra.

Como os PIRs detectam a radiação térmica projetada contra um fundo mais frio, a detecção é baseada na temperatura e, conforme o ambiente se aproxima da temperatura do invasor, a sensibilidade dos detectores diminui (o que ocorre especialmente em ambientes na faixa de 26 a 37°C). Teoricamente, se uma pessoa irradiasse o mesmo calor que o ambiente, seria invisível ao sensor. Por esta razão, um outro tipo de sensor deveria ser usado em conjunto com o PIR para melhorar o sistema. No caso de ambientes interiores, podem ser usadas chaves magnéticas balanceadas, detectores de quebra de vidro e câmeras de circuito interno de TV com atraso de tempo. Para aplicações em exteriores, detectores de movimento por vídeo são recomendados. .

Mesmo o calor irradiado por animais pequenos, aquecedores de ambiente, fornos e torneiras de água quente também podem causar alarmes falsos se estiverem no campo de visão. Além disso, sensores de PIR que não são projetados com a capacidade de filtrar (ignorar) a luz visível podem ser afetados por faróis de carros ou por outras fontes de luz focada. Embora a energia do infravermelho do sol seja filtrada por janelas de vidro comum, objetos em uma sala podem ser aquecidos por um longo tempo e começar a emitir/refletir energia na forma de infravermelho, a qual, variando devido a movimentos de nuvens, por exemplo, pode ativar/desativar aleatoriamente o alarme.

Possíveis medidas descartadas pelo sensor: Sombrear, encobrir ou mascarar a fonte de calor invasora (pessoa/máquina) do campo de visão diminui a probabilidade de detecção conforme reduz a possibilidade de calor irradiado/emitido suficiente ser focado no sensor térmico. Além disso, conhecendo os pontos mortos do campo de observação o invasor pode atravessar as regiões ativas sem ser percebido. Caminhar em direção ao sensor ao invés de cruzar o campo de visão do sensor também pode reduzir a capacidade de detecção, pois pode não fazer com que os limites dos setores do campo do sensor sejam atravessados.

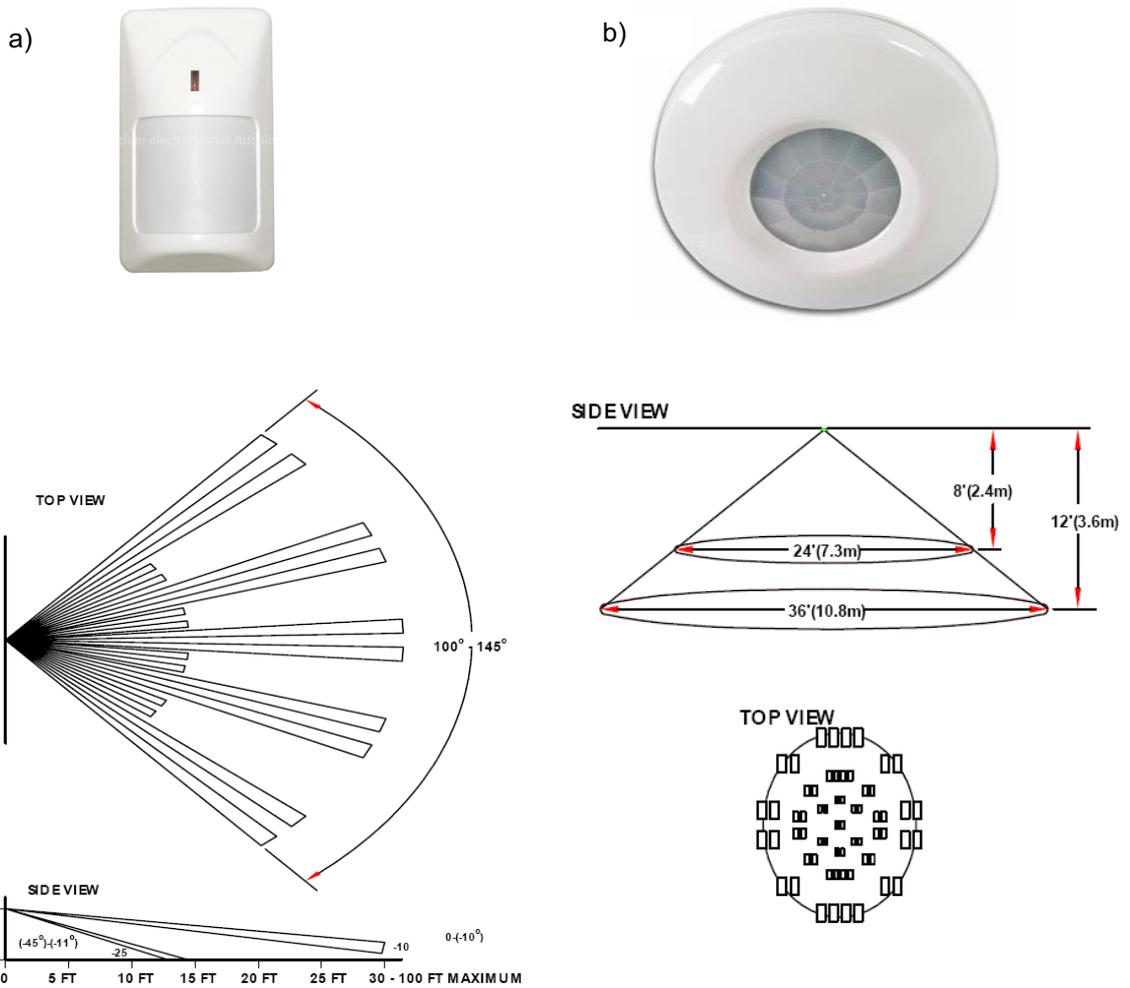


Figura 4: Sensores de infravermelho passivos a) de parede e b) de teto, e seus respectivos campos de observação.

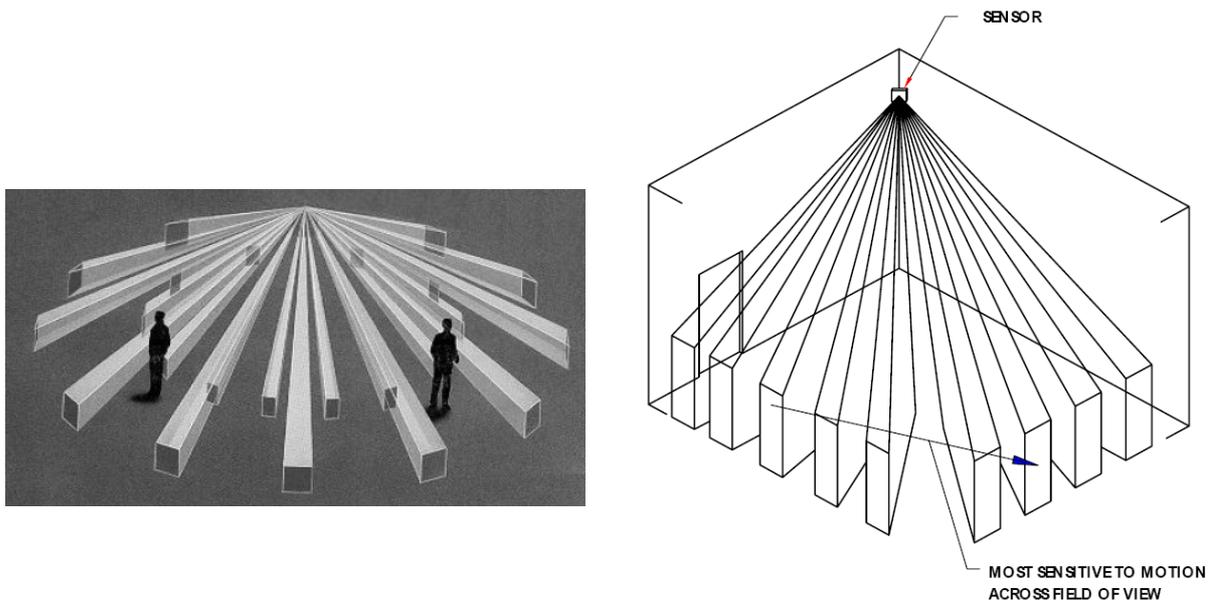


Figura 5: Projção dos lóbulos do campo de observação de um sensor PIR de parede.

a.2) Sensores ativos

Princípio de funcionamento: O sensor consiste em um transmissor (com LEDs emitem luz no espectro do infravermelho) e pelo menos dois *chips* receptores (com elementos sensíveis e à energia luminosa refletida pelo ambiente) com sistemas ópticos, que permitem a configuração da área de cobertura pela mudança do ângulo entre o transmissor e o receptor (procedimento chamado triangulação ou medição óptica diferencial), através de uma unidade micromecânica.

Restrições: Os detectores de infravermelho ativos são estáticos, ou seja, detectam pessoas e objetos apenas se eles cruzam o percurso dos raios luminosos. A área de cobertura consiste em pontos e depende, para uma grande extensão, das distâncias ópticas de centro a centro das lentes do transmissor e do receptor. Várias fontes de luz podem ser combinadas em um sistema modular para formar uma área mais ampla. As principais causas de alarmes indesejados são as que envolvem interações de animais com a área protegida. A vegetação também pode ser um problema caso não tenha seu crescimento controlado ou se os ventos, por exemplo, deslocarem-na de modo a gerar um alarme falso.

a.2.1) Sensores ativos para áreas interiores

Princípio de funcionamento: Os sensores de infravermelho para interiores geralmente têm o transmissor e o receptor encapsulados dentro de uma mesma unidade. O transmissor usa um laser para criar uma zona de detecção. O plano de laser é projetado sobre uma fita retro-refletiva especial que define o fim/extremidade da zona de proteção. A energia é refletida pela fita de volta para o receptor, que é localizado na mesma unidade hospedeira do transmissor. Até alcançar o receptor, a energia passa através de lentes coletoras que focalizam a energia sobre uma célula coletora, que converte a energia do infravermelho em um sinal elétrico. O receptor monitora o sinal elétrico e gera um alarme quando o sinal decai abaixo de um limiar pré-configurado por um período de tempo específico. Um invasor passando através do campo de detecção interromperá o sinal e temporariamente causará a queda do sinal abaixo do valor de limiar.

Restrições: Dependendo de qual tipo de fita é usado como meio refletor, os padrões de cobertura podem ter entre 4.5 e 7.5 m de largura por 5.2 a 9.1 m de comprimento. Além disso, o ângulo do plano de laser pode ser ajustado entre 37° e 180°. O sistema tem uma alta probabilidade de detectar invasores. A velocidade e direção do invasor e a temperatura do ambiente não têm efeito sobre as características de detecção.

Poeira ou outras partículas coletadas sobre a superfície da fita refletora reduzem a capacidade de detecção. A fita refletiva não deve ter intervalos e deve ser contínua para assegurar a detecção confiável, e o ângulo entre o sensor e as extremidades da fita não devem exceder 45°. Uma lâmpada incandescente que brilhe diretamente em direção ao sensor gerará um alarme. Além disso, lâmpadas incandescentes acima de 100 Watts (ou a luz do sol) que incidam diretamente alinhadas com a fita serão refletidas de volta ao receptor com uma magnitude significativa para a sinalização de um alarme.

Possíveis medidas descartadas pelo sensor: Evitar-se o plano de projeção do laser. Um invasor bem informado pode deduzir o padrão do campo de detecção potencial a partir da localização da fita e planejar seus movimentos para evitar a detecção.

a.2.2) Sensores ativos para áreas exteriores

Princípio de funcionamento: Sensores de infravermelho são feitos de duas unidades básicas, um transmissor e um receptor. Uma dessas unidades é localizada em uma extremidade da zona de proteção e a outra na extremidade oposta da zona. O transmissor gera um feixe de linhas retas de múltiplas frequências para a unidade remota receptora, criando uma “barreira” de infravermelho entre o transmissor e o receptor. Até alcançar o receptor, a energia passa através de lentes coletoras que focalizam a energia sobre uma célula coletora, que converte a energia do infravermelho em um sinal elétrico. O receptor monitora o sinal elétrico e gera um alarme quando o sinal decai abaixo de um limiar pré-configurado por um período de tempo específico. Um invasor passando através do campo de detecção interromperá o sinal e temporariamente causará a queda do sinal abaixo do valor de limiar.

Restrições: Os sensores de infravermelho ativos são dispositivos alinhados e direcionados que requerem uma área entre as duas unidades para apresentar níveis uniformes e a retirada de todos os obstáculos que puderem interferir com o sinal de IR. Pontos mais baixos no terreno criarão “buracos” no padrão de vigilância enquanto obstáculos/obstruções interromperão o padrão de “cobertura”. Tipicamente, sensores de infravermelho ativos são usados em uma barreira única ou dupla, que defina o perímetro a ser coberto. Uma zona de comprimento de sensores pode se estender até cerca de 300 m.

O alinhamento preciso do transmissor para o receptor é crítico para uma detecção confiável. O feixe de detecção é relativamente estreito e requer calibração/realinhamento regulares. O mau alinhamento do detector pode ser causado por movimentos na terra (e.g., tremores terrestres), objetos atingindo a unidade (e.g., pedras caindo, veículos, árvores caindo) ou mesmo o congelamento e descongelamento da terra.

Em áreas onde a terra congelante ou ventos extremos são esperados, as fundações do transmissor (Tx) e do receptor (Rx) devem ser instaladas a uma profundidade suficiente para restringir o movimento/desalinhamento das duas unidades. Em áreas onde as unidades estão susceptíveis a serem atingidas ou estremecidas, barreiras protetoras devem ser instaladas em volta delas. Neve e grama em volta de Tx e Rx devem ser removidas manualmente ou sopradas para prevenir danos ou desalinhamento das unidades.

Condições climáticas como neblina, chuva pesada ou areia e poeira severos atenuarão a energia do infravermelho e podem afetar a faixa de detecção confiável. Em áreas onde condições como estas são rotineiras, um outro tipo de dispositivo deve ser considerado, ou a zona de detecção deve ser diminuída para compensar a redução de energia.

Possíveis medidas descartada pelos sensores: Visto que detectores de infravermelho ativos são linhas de dispositivos direcionados, o método mais comum para driblá-los é abrir caminho

sob os feixes de detecção. Por esta razão, é recomendado que quaisquer declives ou canais entre as unidades/colunas transmissora e receptora sejam preenchidos para tornar os níveis da área uniformes. Uma outra medida descartada ocorre no uso das colunas de Tx e Rx como suporte para saltar sobre os feixes de detecção. Isto pode ser evitado sobrepondo-se os feixes de mais de um campo de observação, por exemplo.

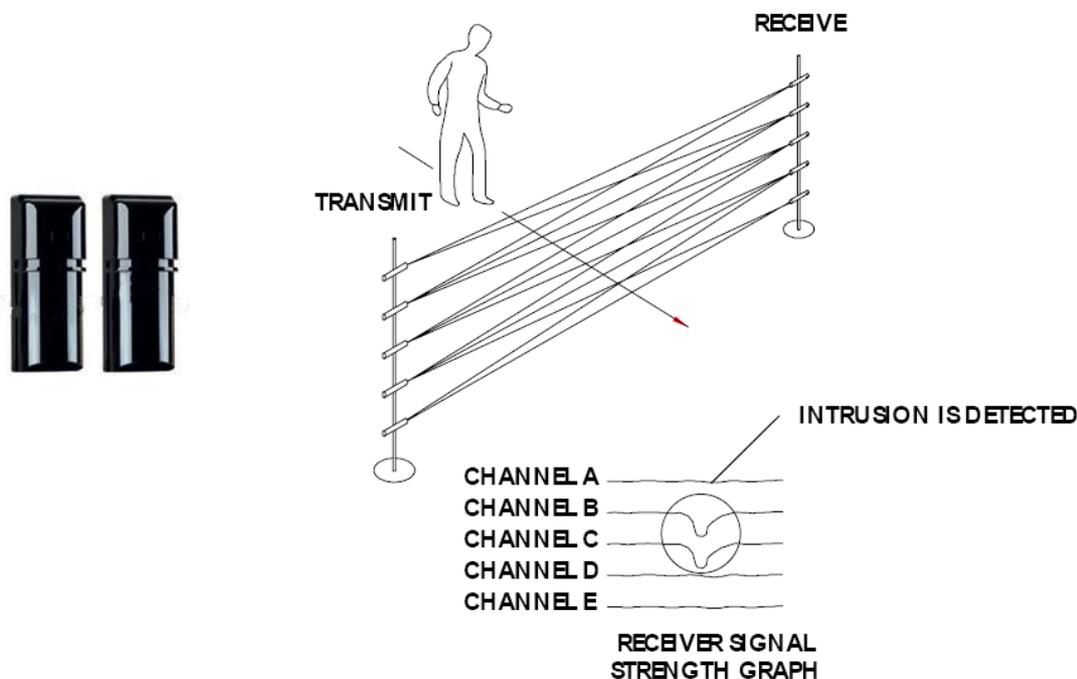


Figura 6: Sensores de infravermelho ativos e ilustração do feixe de infravermelho criado entre o transmissor e o receptor.

b) Sensores de microondas

Princípio de funcionamento: Sensores de microondas transmitem sinais de microondas na banda "X". Estes sinais são gerados por um diodo Gunn operando dentro de limites pré-configurados que não afetam humanos ou marcapassos. Embora uma potência muito pequena seja utilizada, o sistema fornece energia suficiente para um detector projetar um sinal até cerca de 120 m em uma linha de visão ininterrupta. A detecção de uma invasão é diretamente relacionada ao deslocamento da frequência Doppler principal. A maioria dos sensores é sintonizada para medir o deslocamento da frequência Doppler entre 20 Hz e 120 Hz. Estas frequências são estritamente relacionadas aos movimentos de humanos. Objetos que não produzem ou produzem um sinal fora das frequências sintonizadas são ignorados. Objetos que caem dentro da faixa levam o sensor a gerar um sinal de alarme.

Este sensor detecta o movimento pelo chamado efeito Doppler, funcionando como um radar que emite pulsos e analisa os sinais recebidos. Um elemento emissor (antena direcional) transmite

uma onda no espectro das microondas, geralmente com frequência de cerca 10 GHz, que ao ser refletida (pelo piso, pelas paredes e por outras superfícies) é captada pelo receptor. Se ocorrer algum movimento (possivelmente de pessoas) no ambiente, a frequência da onda recebida difere em determinada ordem de grandeza da frequência da onda emitida, o que é identificado como a presença de um indivíduo e é apresentado na saída do sensor.

Configurações: Há dois tipos básicos de sensores de microondas: sensores monoestáticos, que têm o transmissor e o receptor encapsulados dentro de uma mesma unidade hospedeira, e biestáticos, nos quais o transmissor e o receptor são duas unidades separadas criando uma zona de detecção entre elas. Um sistema biestático pode cobrir uma área maior e é tipicamente usado se mais de um sensor é necessário.

- Unidades monoestáticas: O transmissor e o receptor são contidos em uma unidade funcional única e dual. A antena é montada dentro da cavidade de microondas e pode ser configurada/formatada para cobrir uma área ou zona de detecção específica. O formato do feixe de detecção pode ser mudado para transmitir um feixe longo e estreito ou um feixe curto e oval. Sensores de microondas monoestáticos transmitem sinais em duas frequências diferentes. As frequências são rapidamente ligadas e desligadas, primeiro em uma frequência e depois na outra. O receptor é então desligado durante um curto período de tempo após a transmissão. Como as microondas viajam a uma velocidade constante e o receptor procura por energia refletida, o receptor pode ser programado para receber apenas sinais que são capazes de sair e retornar dentro de um período de tempo específico. A área onde todas as frequências refletidas podem ser captadas pelo transmissor é conhecida como a região de corte. Isto permite ao usuário proteger uma zona de detecção bem definida. O receptor é programado para ignorar sinais de objetos estacionários e apenas receber sinais de distúrbios/movimento no campo de cobertura designado.

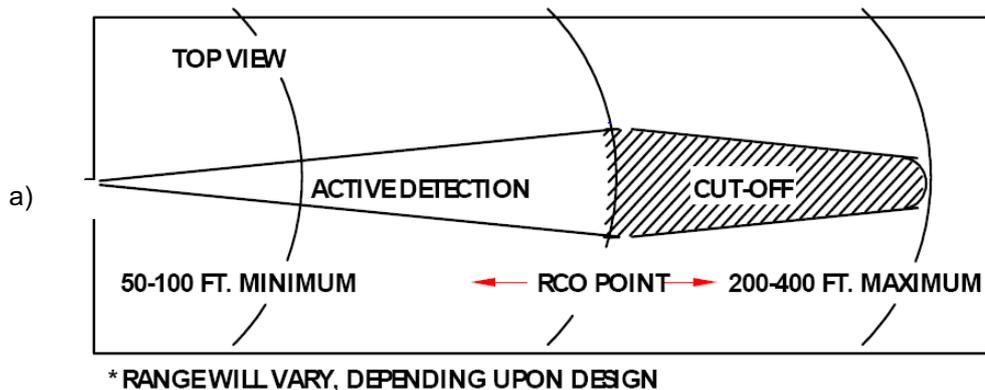


Figura 7: Campo de observação de sensores de microondas do tipo monoestático a) com alcance longo e campo estreito;

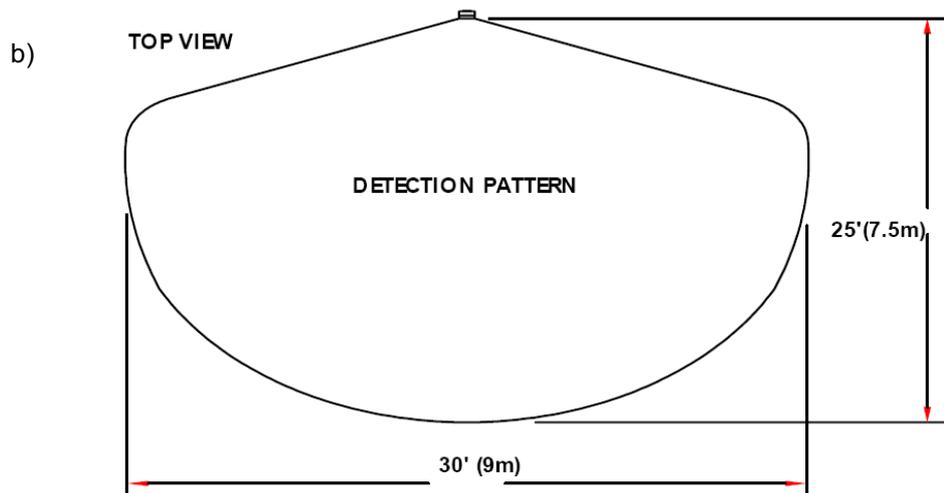


Figura 7(cont.): e b) com alcance curto e campo de observação mais amplo.

- Unidades biestáticas: O transmissor e o receptor para sensores de microondas biestáticos são unidades separadas. A zona de detecção é criada entre duas unidades. A antena pode ser configurada para alterar o campo do sinal (largura, altura), criando diferentes zonas de detecção. O receptor é programado para receber sinais do transmissor e detectar uma mudança nas frequências produzidas por um movimento no campo de cobertura. Sensores de microondas biestáticos têm seu uso de certa forma limitado devido a seus padrões de detecção pouco definidos, e alarmes falsos podem ser um problema se grandes objetos metálicos estão próximos ou se ocorrerem de ventos fortes.

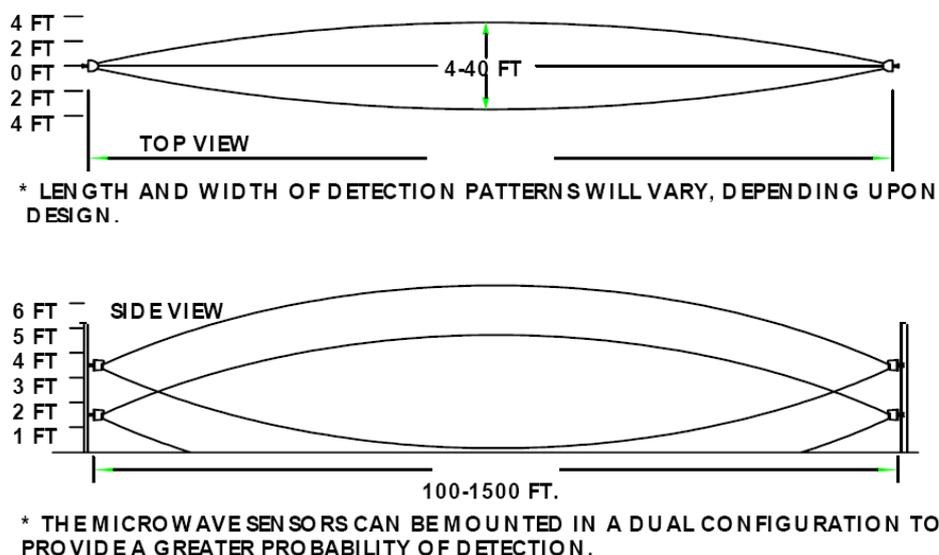


Figura 8: Campo de observação de sensores de microondas do tipo biestático a) com apenas uma unidade e b) com duas unidades interagindo entre si.

Restrições: Este tipo de sensor tem grande utilização em ambiente externo, desde que não haja árvores e arbustos na área de monitoramento do mesmo, o que faz com que o alarme seja disparado. Aconselha-se não instalar o sensor a menos de 3 m de lâmpadas fluorescentes e a nunca

direcionar a energia transmitida para objetos metálicos que não estejam fixos ou que possam vibrar com a força do vento ou com a passagem de veículos.

Os sensores de microondas podem ser usados para monitorar tanto áreas externas como espaços internos confinados, tais como vãos, áreas especiais de armazenamento, corredores e corredores de serviço. Na configuração externa, podem ser usados para monitorar uma área ou um perímetro definido, assim como para alertas da presença de invasores se aproximando de uma porta ou parede. Em situações onde uma área de cobertura bem definida é necessária, devem ser usados sensores de microondas monoestáticos. Contudo, sensores de microondas monoestáticos são limitados a cerca de 120 m de cobertura, enquanto os biestáticos podem estendê-la a até 450 m. Para tornar ainda melhor a detecção, equipamento de detecção de movimento por vídeo (ou outro tipo de sensor) podem ser instalados para complementar a aplicação do sensor de microondas. O uso de um sistema associado, tal como a detecção de movimento por imagem de vídeo, não apenas oferece uma segunda linha de defesa, mas oferece segurança pessoal com uma ferramenta adicional para estimar alarmes e discriminar penetrações reais/potenciais de alarmes falsos ou eventos perturbadores.

Como os sensores de microondas operam no espectro da alta frequência (banda X), a associação ou proximidade de outros sinais de alta frequência pode afetar adversamente a confiabilidade destes sensores. Áreas que contêm emissores fortes de campos elétricos (transmissores de rádio) ou de campos magnéticos (grandes motores ou geradores elétricos) podem afetar a capacidade dos sensores de microondas de funcionar apropriadamente, e deve ser evitado ou compensado para separação de sinais distintos. Áreas que contêm lâmpadas fluorescentes podem também se tornar um problema. O ciclo de ionização criado pelos bulbos fluorescentes pode ser interpretado pelo detector como um movimentos e assim provocar falsos alarmes.

A autorreflexão do sinal gerado é um problema comum causado pela localização ou montagem imprópria. Posicionar o sensor externamente e paralelo à parede ao invés de embuti-lo na parede evitará este problema.

Além disso, grandes objetos metálicos que podem refletir o sinal e/ou produzir zonas mortas devem ser deixados fora da zona de detecção, assim como equipamentos cuja operação envolva movimentos externos ou funções rotativas.

Devido às altas frequências nas quais as microondas viajam, o sinal/sensor não é afetado pelo ar em movimento, mudanças na temperatura ou na umidade. Contudo, a alta frequência permite que o sinal passe facilmente através de paredes comuns, vidros, placas de forro e madeira. Isto pode fazer alarmes falsos serem gerados pelo movimento adjacente a, mas fora da área protegida. Do mesmo modo, é essencial testar, por segurança, e compensar quaisquer pontos mortos (áreas sem detecção) criadas por objetos metálicos como armários, caixas de entrega, latas de lixo e caixas elétricas. Estes pontos mortos criam áreas ideais para tentativas de invasão. Além disso, sinais refletidos por este tipo de objetos/materiais podem “estender” a cobertura do sensor a áreas que não se deseja cobrir, criando assim potencial para alarmes falsos.

Possíveis medidas descartadas pelo sensor: Um invasor com algum grau de acesso periódico à área proibida pode estar em uma posição de conduta de “caminhada de testes” ou mesmo causar ou observar o padrão de ativação do alarme e determinar os padrões nominais de cobertura da detecção, identificando assim um possível caminho de aproximação com baixa probabilidade de

detecção. Além disso, um invasor avançando em um movimento lento, o qual tira máxima vantagem de alguma característica obscurecente, bloqueante ou absorvedora associada ao ambiente de vigilância pode reduzir a probabilidade de detecção. Contudo, calibrações regulares do(s) sensor(es), a higienização da área e o uso de outro tipo de sensor podem aumentar substancialmente a probabilidade de detecção.

c) Sensores de ultrassom

Princípio de funcionamento: Este sensor também é baseado no efeito Doppler, mas não usa ondas de alta frequência como o de microondas, e sim sinais acústicos, de ultrassom, com frequência entre 22 kHz e 45 kHz (não audível para o ser humano).

Restrições: Os sensores de ultrassom são tipicamente instalados em uma parede ou no teto e são frequentemente usados em conjunto com um outro sensor, tal como um dispositivo passivo (infravermelho passivo) para prover uma maior probabilidade de detecção. Contudo, isto também pode aumentar ligeiramente a taxa total de alarmes falsos, dependendo da variabilidade e incontrolabilidade das características ambientais da área monitorada.

Uma vantagem do uso de sensores de ultrassom passivos é que o dispositivo não é afetado diretamente pelo calor, e assim mudanças térmicas no ambiente não atrapalham sua capacidade de detecção. Entretanto, mudanças extremas na temperatura ou umidade durante a instalação inicial e a calibração podem causar uma mudança na confiabilidade da detecção. Assim como a maioria dos sensores, os de ultrassom devem ser recalibrados periodicamente, pelo menos sazonalmente. Alguns dos estímulos mais comuns que fazem sensores de ultrassom alarmarem são o movimento do ar devido ao aquecimento e os sistemas de condicionamento de ar, ventos fortes de portas e janelas, o assobio de flautas e o toque de um telefone. Todos estes estímulos podem criar ruído próximo da faixa do ultrassom, disparando assim um alarme. Também é fácil limitar sua energia dentro de uma área selecionada, visto que a energia do ultrassom normalmente não passa por paredes, tetos, telhados ou partições. Uma desvantagem é que a energia não passa através de móveis ou outras obstruções (caixas, pacotes), criando assim “zonas mortas”, sem vigilância. Esta desvantagem pode ser superada colocando-se sensores adicionais em localizações secundárias e terciárias para “cobrir” as zonas mortas do primeiro sensor.

c.1) Sensores passivos

Princípio de funcionamento: O sensor de ultrassom passivo é um dispositivo sensor de movimento que “escuta” a energia do som ultrassônico em uma área protegida e reage às altas frequências associadas a tentativas de invasão. As frequências nesta faixa estão associadas com metal ferindo metal, o barulho de um maçarico, rompimento de concreto ou tijolo. O som gerado é transmitido através do ar em volta e viaja em um tipo de movimento de onda. Quando a onda sonora

alcança o sensor de detecção ele determina se a frequência é característica de uma invasão. Se o critério é atingido, um sinal de alarme é gerado.

Possíveis medidas descartadas pelo sensor: Sensores de ultrassom passivos têm um espectro de frequência limitado e sons de invasão diferentes daqueles que caem no espectro da unidade (tais como de uma furadeira), não gerarão um sinal de alarme. Por esta razão, é recomendado que um dispositivo de detecção ativo (tal como um sensor de microondas) seja usado em conjunto para assegurar a detecção adequada.

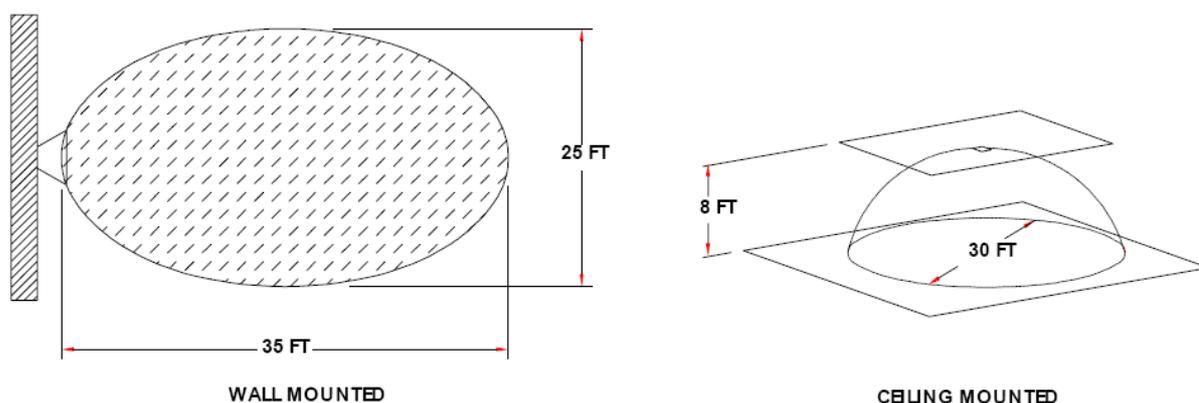


Figura 9: Campo de observação de sensores de ultrassom passivos instalados a) em uma parede e b) em um teto.

c.2) Sensores ativos

Princípio de funcionamento: Um sensor de microondas ativo é um dispositivo detector de movimento que emite energia do ultrassom em uma área monitorada e reage a uma mudança no padrão da energia refletida.

Os sensores de ultrassom usam uma técnica baseada em um deslocamento de frequência na energia para detectar invasores. O som ultrassônico é transmitido a partir do dispositivo na forma de energia. O som usa o ar como meio e viaja em um tipo de movimento de onda. A onda é refletida de volta das redondezas da sala/corredor e o dispositivo “escuta” um tom característico do ambiente protegido. Quando um invasor entra na sala, o padrão da onda é modificado e refletido de volta mais rapidamente, aumentando assim o tom e sinalizando um alarme.

Possíveis medidas descartadas pelos sensores: Movimentos horizontais lentos de um invasor através na área de cobertura geralmente são difíceis de serem detectados por sensores de ultrassom. É necessária calibração apropriada para assegurar que este tipo de movimento será detectado. Além disso, um invasor bem informado e apropriadamente equipado pode usar “luzes de teste” especiais para detectar padrões de cobertura e burlar estas áreas.

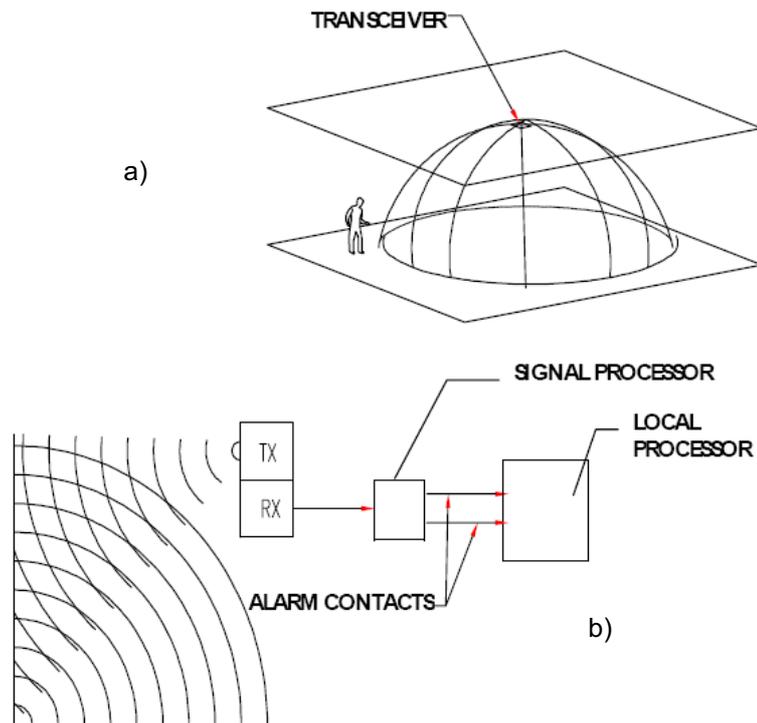


Figura 10: a) Campo de observação de um sensor de ultrassom ativos e b) diagrama de blocos do sistema de medição.

d) Sensores de quebra de vidro

Princípio de funcionamento: Os sensores de quebra de vidro monitoram o vidro que provavelmente será quebrado durante uma invasão. Estes sensores são encapsulados em apenas uma unidade e instalados sobre um elemento estável (parede ou teto) no interior apontado para a superfície de vidro principal. Três tipos de sensores são usados: acústico, de choque e um sensor com tecnologia dual (choque/acústico). Independentemente de qual sensor seja usado, a cobertura tipicamente não excede 30 m² de superfície de vidro. O sensor, através de um microfone, detecta a frequência do som da pancada na superfície e também no ato da quebra do vidro. O detector de ruídos apresenta uma saída lógica indicando presença de indivíduos apenas quando detecta as duas componentes de frequências, visto que a detecção apenas pela quebra do vidro poderia causar alarmes falsos quando houvesse quebra de lâmpadas e outros objetos de vidro ou mesmo devido ao canto de aves próximas ao local. São muito utilizados em vitrines de lojas, em locais com grandes áreas envidraçadas (janelas, portas, paredes). Os sensores de quebra de vidro usam um microfone para “escutar” frequências associadas com a quebra do vidro. Um processador filtra as frequências que não são de interesse, analisando apenas certas faixas. O processador compara a frequência recebida às registradas como sendo associadas à quebra do vidro. Se o sinal recebido for compatível com as frequências características da quebra do vidro, então um alarme é gerado.

Tipos: Há três tipos básicos de sensores de quebra de vidro – acústico, de choque e a combinação dos dois, resultando em um sensor de tecnologia dual (acústico/choque).

- Sensores acústicos: Sensores acústicos escutam e detectam a alta frequência tipicamente criada quando um impacto despedaçante é feito sobre a janela. Uma vez que o impacto ocorre, as altas frequências produzidas pela quebra do vidro viajam do ponto de impacto até as extremidades mais externas da superfície do vidro. Estas vibrações excitam o processador do sensor acústico que passa a frequência através de um filtro, compara as frequências e produz um sinal de alarme se necessário.

- Sensores de choque: Sensores de choque percebem a frequência de choque típica de 5 KHz que é produzida quando o vidro é quebrado. Quando o processador detecta este choque sinaliza um alarme. Dois tipos de sensores (transdutores) de “choque” são usados: piezoelétricos e não piezoelétricos. A maioria utiliza piezo-transdutores para “sentir” a frequência de 5 KHz. Contudo, alguns usam um transdutor piezo que não têm nenhuma eletricidade presente até que o piezo “se entorte” quando é “atingido” por um sinal de 5 KHz. O tipo não piezoelétrico reduz dramaticamente os alarmes falsos.

- Sensores de tecnologia acústica/de choque: Em sensores de tecnologia dual um dispositivo acústico é associado a um dispositivo de choque. Esta combinação utiliza as capacidades complementares de ambos os dispositivos para oferecer um sensor com baixa taxa de alarmes falsos. Os dois elementos sensíveis estão localizados em uma mesma unidade de revestimento e são conectados eletronicamente através do uso de uma função lógica *AND*. A porção acústica do sensor usa um microfone para detectar frequências associadas com a quebra do vidro. Um processador filtra as frequências não desejadas e permite a passagem apenas de certas faixas a serem analisadas. Se o sinal é compatível com as características de frequência da quebra do vidro, um sinal é enviado à porta *AND*. A porção de choque do sensor “sente” a frequência de 5 KHz na forma de uma onda de choque criada quando o vidro é quebrado. Quando o processador detecta este choque, envia um sinal à porta *AND*. Uma vez que a porta *AND* recebe ambos os sinais, um alarme é gerado.

Uma vantagem distinta deste sensor é a incorporação de duas tecnologias de detecção de quebra de vidro em um sensor. Isto reduz significativamente alarmes falsos devido a ruído de fundo, tais como RFI e ruído em frequência produzido por máquinas de escritório.

Restrições: Dependendo das especificações do fabricante, sensores acústicos devem ser instalados sobre a janela, a moldura da janela, a parede ou teto. Se instalado sobre o vidro, o sensor deve ser posicionado no canto, a aproximadamente 5 cm da extremidade da armação da janela. Se instalado na parede ou teto, o sensor deve ser instalado oposto à janela.

Sensores de quebra de vidro devem ser usados em conjunto com chaves de contato (e.g. chaves magnéticas, chaves magnéticas balanceadas) caso em uma tentativa de invasão tente-se abrir a janela ao invés de quebrá-la.

Um detector de movimento volumétrico (para monitoramento de uma área) deve também ser incorporado na área interna protegida para detectar uma eventual invasão/entrada através de uma área que não seja diferente da janela. O dispositivo volumétrico deve ser posicionado em um ponto e ângulo que permita que ele olhe através da janela de interesse para maximizar a capacidade de detecção. Embora não recomendado, o sensor pode ser instalado sobre a janela. Neste caso, o adesivo usado na instalação deve ser especificado para suportar a longa exposição ao calor do verão,

ao frio do inverno e à condensação que deve se acumular na janela. Deve-se notar que uma janela de vidro pode chegar à temperatura de 65 °C no verão e a um frio de -34 °C no inverno, sendo então essencial que a aplicação do adesivo obedeça às especificações.

Embora o casamento inapropriado da capacidade da faixa do sensor com o tamanho da janela e a má localização possam fazer com que o sensor esteja fora da faixa de detecção efetiva, a deficiência mais típica ocorre quando as características acústicas da sala estão em conflito com as especificações de desempenho do sensor. Salas acusticamente “leves” (e.g. com carpete e cortinas nas janelas) que absorvem a vibração ou que alteram as características acústicas de salas “pesadas” (e.g. acrescentando persianas, venezianas, cortinas de tecido, tapetes) após o sensor ter sido sintonizado podem produzir detecções não adequadas do sensor. Como precaução, deve-se checar em todas as janelas se há fendas e substituí-las antes da instalação de um sensor de quebra de vidro, para assegurar que uma boa assinatura de frequência será produzida se a janela for quebrada.

A calibração ou a instalação impróprias de um sensor de quebra de vidro causam perturbações em alarmes. Além disso, a interferência em RF e ruídos agudos de impacto podem causar falsos alarmes. A aplicação/posicionamento impróprios do sensor ou ruídos de fundo, tais como máquinas de escritório, industriais ou de limpeza podem também produzir ruído na faixa da frequência de detecção do sensor.

Possíveis medidas descartadas pelos sensores: Uma separação ou um corte para abertura da janela ou a remoção do vidro de uma janela (com ou sem o sensor instalado nele) pode não ser detectada pelo sensor. A frequência de quebra pode ser distorcida camuflando-se o som da quebra do vidro, o que reduz o potencial de registro da frequência “correta” pelo sensor.

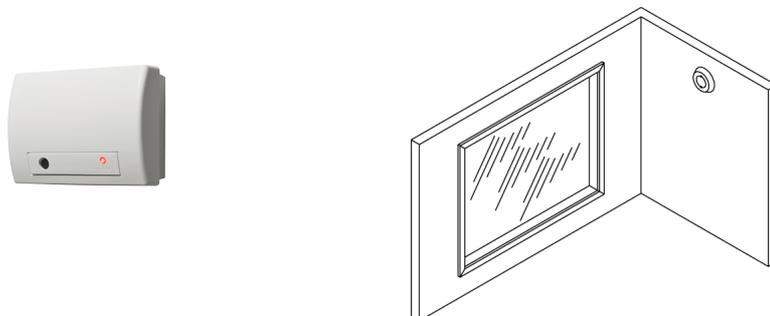


Figura 11: Sensor de quebra de vidro e localização típica do sensor.

e) Detectores de movimento através de vídeo

Princípio de funcionamento: Os sensores de detecção de movimento por vídeo (VMD) usam sistemas de circuito fechado de televisão (visual, luz de baixa intensidade e infravermelho) para oferecer tanto uma capacidade de detecção de invasões como um meio de segurança pessoal para estimar possíveis invasões e gerar alarmes. Os sistemas de CFTV (circuito fechado de televisão), como são chamados, oferecem ainda o benefício de documentar os eventos de uma invasão e as características do invasor.

Os sensores de detecção de movimento por vídeo detectam mudanças na área monitorada

comparando a cena “atual” com uma cena pré-gravada “estável” da área. Os detectores de movimento por vídeo monitoram o sinal de vídeo que é transmitido a partir da câmera. Quando uma mudança no sinal é recebida, indicando uma mudança na composição da imagem causada por algum tipo de movimento no campo de vigilância, um sinal de alarme é gerado e a cena da invasão é mostrada em uma estação de monitoramento.

Câmeras instaladas no ambiente podem ser usadas para detectar a presença de pessoas nos intervalos de vigilância. As imagens das câmeras podem ser analisadas em tempo real por um observador humano ou através de processamento digital de imagens.

Restrições: Este tipo de detecção geralmente é eficiente, mas requer que o ambiente esteja iluminado, o que restringe seu uso ao turno diurno (no turno noturno, seria necessário que os ambientes estivessem iluminados para assegurar a eficácia da detecção). Apresenta custo (em termos de prazo e econômicos) de aquisição ou de desenvolvimento maior seja devido ao se manter um observador humano analisando as imagens continuamente, seja devido à complexidade de um sistema de processamento digital de imagens.

Uma vez ativado, a maioria dos sistemas permite ao monitor da segurança manipular o campo de visão da câmera, (e.g. ampliar, varrer, inclinar e fastar). Alguns sistemas também têm uma “escuta”, assim como uma capacidade de comunicação por voz como parte da avaliação e ajuste do sistema de monitoramento. O posicionamento correto, as condições de iluminação e a estabilidade das câmeras são fatores a serem considerados, assim como a obtenção de um equilíbrio entre o valor de um número excessivo de câmeras e o valor de câmeras ocultas para a segurança/monitoramento. A configuração da instalação de um sistema de CFTV é diretamente relacionada à natureza dos requisitos de segurança. Exemplos de capacidade de monitoramento incluem: zonas mortas entre duas cercas, pátios de armazenagem em ambientes externos e pontos de entrada de veículos/pedestres, estaleiros e postos de guardas onde o sistema de CFTV pode ser associado a um alarme de coação. Contudo, em todas as circunstâncias é necessário cuidado para dispor as câmeras com segurança, impedir o acesso a elas e manter o campo de visão o mais aberto e desbloqueado possível. Em todas as aplicações, a vegetação e obstáculos à observação devem ser eliminados ou reduzidos a um ponto onde não são desvirtuados da utilidade do sistema.

Áreas que têm pouca iluminação ou longos períodos de escuridão podem oferecer condições para detecções não confiáveis. Sob estas condições, tanto o uma câmera de infravermelho como uma de luz de baixa intensidade são recomendadas. Luzes de baixa intensidade, mesmo se a única fonte é a luz ambiente, podem ser compensadas usando-se câmeras de televisão que operem com luz de baixa intensidade, enquanto um sistema de infravermelho é útil para detectar o “calor diferencial” gerado por um invasor.

Quando são instaladas câmeras de CFTV, considerações cuidadosas devem ser feitas a respeito da localização das câmeras para assegurar que o campo de visão não será afetado por: (1) fontes de luz natural tais como mudanças no ângulo do sol (o nascer/ pôr do sol) ou alterações no brilho das cenas devido ao movimento das nuvens, ao objetos soprados pelo vento passando através da cena ou vibrações da câmera, ou (2) fontes de luz produzida pelo homem, tais como faróis de

veículos, luzes de tráfego, mudanças no terreno de estacionamentos ou padrões de luzes de segurança. Qualquer um dos exemplos citados pode gerar um sinal de alarme, visto que cada um reflete uma mudança na visão da imagem. Insetos voando próximo às lentes da câmera também podem iniciar um sinal de alarme e terem sido interpretados como objetos maiores se movendo no campo de cobertura; entretanto, um operador treinado pode detectar isto no monitor.

Possíveis medidas descartadas pelo sensor: Um invasor que conheça o sistema pode ser capaz de evitar a detecção se movendo em volta do campo de visão. Por esta razão, é recomendado que algumas das câmeras sejam colocadas o mais secretamente possível e ligadas em rede a um ou mais outros sensores que possam também atuar como mecanismos de disparo ou de focalização.

f) Sensores de abertura ou magnéticos

Princípio de funcionamento: Basicamente, consistem em um contato elétrico e um ímã, que mantém o contato (geralmente, do tipo normalmente fechado) e no caso de abertura de porta ou janela, por exemplo, abre o contato, enviando um sinal de disparo para outro circuito. Este tipo de sensor é de baixo custo, fácil instalação (que pode ser aparente ou embutida), não consome corrente elétrica e dificilmente provoca alarmes falsos. Usados em portas e janelas para detectar a abertura ou arrombamento, podendo ficar aparentes ou embutidos.

f.1) Chave mecânica

Princípio de funcionamento: As chaves mecânicas são usadas para detectar a abertura de uma porta ou janela protegida. Estes sensores são chaves de contato que dependem da operação/interrupção física do sensor para gerar um alarme. As chaves mecânicas são formadas com molas ou êmbolos que gatilham quando uma porta ou janela é aberta.

Restrições: As chaves mecânicas podem ser instaladas em portas, janelas, gaveteiros, armários, para detectar abertura. São melhor usadas em conjunto com um dispositivo detector de movimento, localizado dentro da sala/recipiente, no caso de a intrusão escapar à chave. Para ser efetiva, portas de janelas devem ser apropriadamente e seguramente assentado/instalado na moldura de suporte antes da instalação de quaisquer dispositivos de segurança (ou de tranca), incluindo chaves mecânicas.

Portas ou janelas pouco/mal colocadas podem criar condições para detecções não confiáveis, visto que uma montagem mal feita permitirá que movimentos aleatórios de uma porta ou janela gatilhem um alarme e poderiam ajudar um invasor bem informado em uma entrada furtiva.

Portas ou janelas mal encaixadas. Instalação imprópria de portas, trancas ou de chaves de alarme são a principal causa de alarmes falsos. Além disso, alarmes causados por encaixe mal feito ou por portas ou janelas instaladas inapropriadamente podem ser agravados por condições climáticas extremas (vento e tempestades) assim como por flutuações sazonais no ambiente externo e/ou interno

(calor versus sistema condicionador de ar).

Possíveis medidas descartadas pelo sensor: Segurar a chave na posição “normalmente fechada” enquanto se abre a porta ou janela evitará a o início de um alarme. Tipicamente, isto é acompanhado com um pequeno pedaço de metal designado para evitar que a chave seja gatilhada. Além disso, colocar uma fita sobre a chave na posição “fechada” durante operações de rotina permite que um invasor retorne após o alarme ter sido ativado e abra a porta ou janela sem gerar um alarme.

f.2) Chave magnética

Princípio de funcionamento: As chaves magnéticas são chaves de contato usadas para detectar a abertura de uma porta ou janela e dependem da operação/interrupção direta do sensor para gerar um alarme. São compostas de duas partes – uma chave magnética de duas posições instalada no interior de uma porta, janela ou da armação de um armário. A chave padrão pode ser tanto nos modos normalmente aberto como normalmente fechado, dependendo do projeto. Quando a porta ou janela está fechada, o ímã puxa a chave para a sua posição “normal” não alarmada. Quando a porta/ou janela é aberta, o ímã solta a chave, abrindo o contato e ativando o alarme.

Restrições: Este tipo de chave deve ser instalado em portas, janelas e armários para detectar abertura. Em circunstâncias que envolvem valores altos a serem protegidos, devem ser usadas em conjunto com um sensor de movimento localizado dentro da sala para detectar uma invasão feita por outra via que não seja a porta, janela ou portal de acesso.

O movimento excessivo da porta, parede ou painel de acesso na sua estrutura/configuração pode gerar condições para uma detecção não confiável e deve ser corrigido antes da instalação das chaves de segurança.

Portas ou janelas mal encaixadas (devido à idade ou a instalação inadequada) e compostas de condições climáticas extremas que causam movimentos excessivos da porta e da janela são as principais causas de perturbações em alarmes.

Possíveis medidas descartadas pelo sensor: A penetração da porta ou janela sem o movimento da chave magnética passará despercebida pelo dispositivo de alarme. Em segundo lugar, um ímã livre e mais intenso pode ser usado para imitar o ímã instalado, permitindo que a porta seja aberta sem gerar um alarme. A localização da chave não deve ser observável a um invasor potencial, reduzindo a capacidade de transpor ou “pular” o terminal.



Figura 12: Chave magnética simples.

f.3) Chave magnética balanceada (BMS)

Princípio de funcionamento: Uma chave magnética balanceada consiste em uma estrutura de uma chave com um ímã interno que usualmente é instalado na moldura de uma porta/janela e um ímã de equilíbrio (ou externo) instalado na parte móvel da porta/janela. Tipicamente, a chave é equilibrada na posição entre o campo magnético dos dois ímãs. Se o campo magnético é perturbado pelo movimento do ímã externo, a chave se move para uma posição “fechada”. Quando a porta está na posição “normal” fechada, o campo magnético gerado pela alimentação do ímã interage com o campo criado pelo ímã da chave, de modo que o efeito total sobre a chave é estável. Quando a porta é aberta, a chave se aproxima de um dos contatos, tornando-se instável e gerando um alarme.

Restrições: As chaves magnéticas balanceadas (BMS) oferecem um nível mais alto de segurança para janelas e portas que as chaves magnéticas ou mecânicas. As chaves magnéticas balanceadas estão disponíveis em invólucros desenvolvidos para evitar que a caixa cause, eletricamente, uma explosão em uma área de risco. Estas chaves são recomendadas para ambientes inflamáveis ou perigosos. A chave magnética balanceada deve ser instalada sobre a armação da porta e o ímã balanceador sobre a porta. A chave deve ser ajustada para iniciar um alarme quando a porta é aberta entre 1,27 e 2,54 cm. Para uma maior segurança, a BMS (assim como chaves mecânicas ou estritamente magnéticas) deve ser usado em conjunto com um detector de movimento localizado dentro da sala, corredor ou armário em caso de invasão ser feita escapando à chave.

Movimentos excessivos na porta ou janela criarão condições para detecções não confiáveis e devem ser eliminados antes de as chaves de segurança serem instaladas. Portas ou janelas mal encaixadas e instalação inadequada são as causas básicas de perturbações em alarmes. Condições climáticas extremas que causam movimentos excessivos da porta, janela ou portal de acesso são condições que podem produzir alarmes falsos.

Possíveis medidas descartadas pelo sensor: Uma vantagem distinta de se usar a chave magneticamente balanceada é a capacidade inerente e contar uma medida descartada comum usada em sensores magnéticos diretos. Esta medida descartada envolve o posicionamento de um ímã externo no invólucro da chave para manter a chave interna no lugar enquanto a porta ou janela é aberta. O projeto da chave magnética balanceada evita que este mecanismo defeituoso seja efetivo.

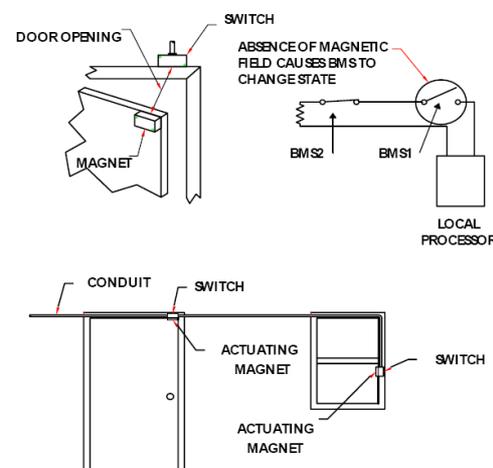


Figura 13: Forma de instalação típica de sensores do tipo chave magnética balanceada.

g) Sensores de vibração

Princípio de funcionamento: Captam a vibração causada após o impacto sofrido pela superfície a ser protegida, geralmente grandes janelas e áreas envidraçadas. Ao detectar a vibração, sem que a vidraça seja quebrada, o sensor dispara o sinal de alarme.

Restrições: Para evitar alarmes falsos, normalmente produzidos pelo aumento de temperatura ambiente e dilatação do metal ocasionando o sinal para o alarme ou pelas vibrações inerentes em locais com solo instável, deve-se adquirir equipamento de boa qualidade, além de instalar o sensor internamente às janelas e em local, se possível, não visível.

g.1) Sensores de vibração de cerca

Princípio de funcionamento: Sensores de vibração de cercas instalados na malha de cercas detectam distúrbios em frequência associados a serrar, cortar, escalar ou levantar a malha da cerca, ações que geram vibrações mecânicas e/ou estresse na malha da cerca que são diferentes das vibrações associadas com atividades ambientais normais ou naturais e tipicamente têm frequências mais altas e amplitudes maiores. Os sensores de vibração de cercas detectam estas vibrações usando transdutores eletromecânicos ou piezoelétricos. Os sinais destes transdutores são enviados ao processador de sinais para serem analisados. Ao chegarem ao processador, as frequências que não são características de invasão são filtradas. As frequências características de invasão passam através do filtro, disparando assim um alarme.

Tipos: Há dois tipos básicos de sensores de vibração de cercas: sensores eletromecânicos, cujo processador de sinais tem um circuito acumulador de pulsos que reconhece aberturas momentâneas de contatos de chaves eletromecânicas; e sensores piezoelétricos, cujo processador responde à amplitude, duração e frequência do sinal transmitido.

- Sensores eletromecânicos: Usam ou chaves de inércia mecânica ou chaves de mercúrio para detectar vibração ou estresse das cercas.

Chaves de inércia mecânicas consistem de uma massa sensível a vibração que repousa sobre dois ou três contatos elétricos, criando assim um circuito fechado. A massa é móvel e reage a mudanças de minutos nas vibrações (frequências) geradas na cerca durante uma tentativa de penetração. A vibração perturba a cerca e a massa e é movida/separada de um ou mais pontos de contato momentaneamente, abrindo o circuito e criando um alarme. Em alguns sensores, a massa é intencionalmente compelida ou restringida por guias internos para assegurar que apenas uma vibração significativa causará movimento, abrirá o circuito e ativará o alarme.

Chaves de mercúrio consistem de um pequeno frasco contendo uma pequena quantidade de mercúrio com um conjunto de contatos elétricos normalmente abertos localizados muito próximo, mas não tocando ou imersos no mercúrio. Um distúrbio de impacto da malha da cerca faz com que o mercúrio seja deslocado da sua posição normal de repouso, fazendo um contato momentâneo com os contatos elétricos e criando um alarme.

- Sensores piezoelétricos: Sensores piezoelétricos convertem as forças do impacto mecânico geradas durante uma tentativa de invasão em sinais elétricos. Diferentemente do sinal abre/fecha gerado pelos sensores eletromecânicos, os sensores piezoelétricos geram um sinal analógico que varia proporcionalmente em amplitude e frequência à atividade da vibração da malha da cerca. Estes sinais são enviados ao processador de sinais para avaliação, onde passam primeiramente por um filtro que “elimina” sinais não característicos de invasões. O processador de sinais então interpreta os sinais remanescentes para determinar se ocorreu atividade suficiente para garantir um alarme.

Restrições: Os sensores de vibração de cercas funcionam melhor quando instalados diretamente na malha da cerca. Cada sensor é conectado em série junto à cerca com um cabo comum a todos para formar uma única zona de proteção. Os comprimentos da zona do sensor têm uma faixa recomendada de cerca de 90 m.

Sensores de vibração são os sensores mais econômicos para cercas e os mais fáceis de serem instalados. Os sensores têm uma alta probabilidade de detectarem invasão e operam bem protegendo cercas apropriadamente instaladas e mantidas. Instalando-se sensores de vibração da terra (sísmicos) adjacentes ao perímetro da cerca (em uma zona controlada dentro da área total protegida) pode-se proteger aumentando a capacidade de detecção, para o caso de sensores de vibração em uma cerca não detectarem um indivíduo que a atravesse ou escale cuidadosamente.

Outro tipo de aperfeiçoamento é focado em adicionar informação sobre as condições climáticas prevaletentes para aumentar ou diminuir a sensibilidade do processador. Uma estação de sensoriamento do tempo pode ser montada sobre a linha da cerca para fornecer informação a um processador em campo. O processador em campo então ajusta a sensibilidade do alarme de vibração baseado nas entradas da estação de tempo para assegurar que uma faixa de sensibilidade efetiva é mantida.

Montar dispositivos de detecção de movimento volumétrico (microondas, infravermelho ativo) junto ao perímetro da cerca também melhorará a confiabilidade da detecção. Determinar qual dispositivo volumétrico usar dependerá bastante do ambiente, do terreno e do comprimento total da cerca.

Como os sensores de vibração estão sujeitos à ativação de todos os tipos de vibrações, aparelhos sensíveis adicionais são muitas vezes adicionados à capacidade do processador para reduzir ativações falsas. Um tipo de melhoramento é o circuito contador acumulador de pulsos. Com este dispositivo, a sensibilidade é determinada por um número de “pulsos” necessários para criar um alarme. Um pulso é uma amplitude específica da atividade que ocorre devido ao estresse da cerca ou da vibração associada a cortar elos de correntes ou escalar a malha da cerca. Um número mínimo de pulsos é necessário durante um período de pré-configuração antes que um alarme seja gerado.

A instalação e o espaçamento apropriados dos sensores são críticos para uma detecção confiável. Cercas de má qualidade com malha frouxa podem criar atividade de fundo excessiva (flexionando, afundando, balançando), gerando inicialmente falsos alarmes e eventualmente transmitindo pouca atividade de invasão confiável. Da mesma forma, condições climáticas adversas podem produzir configurações de sensibilidade acima/abaixo do que é necessário para que uma detecção confiável ocorra. Os cantos da cerca são desafios particulares por detectarem imediatamente vibrações de invasores, devido ao maior momento dos postes da cerca e das fundações mais sólidas

tipicamente usadas em um canto ou ponto de volta.

Ramos de árvores assim como animais e condições climáticas severas que têm contato com a cerca pode fazer com que a cerca vibre, disparando o alarme. Em áreas com ventos fortes ou numerosas interações com animais, sensores de vibração não devem ser usados. Sensores de vibração devem ser usados apenas em áreas/circunstâncias onde as vibrações naturais ou produzidas pelo homem são mínimas ou não existem. Os sensores de vibração não são satisfatórios nem confiáveis em áreas/situações onde grandes vibrações são mais prováveis de serem encontradas, tais como em áreas próximas a construções, trilhos ferroviários ou atividade de estradas e outras vias.

Possíveis medidas descartadas pelo sensor: O método mais comum de descarte é evitar contato da cerca abrindo um caminho para ela. Manter árvores e estruturas pode ajudar um invasor na sua tentativa. De maneira semelhante, carros, ônibus, caminhões, armários de equipamentos ou de armazenamento posicionados/estacionados próximo à cerca podem servir de plataformas para pular/atravesar a cerca. Embora menos comum, a construção de túneis profundos, se não houver contato com os suportes da cerca, permitirá que um invasor passe por um sistema de sensores de vibração instalado em uma cerca.

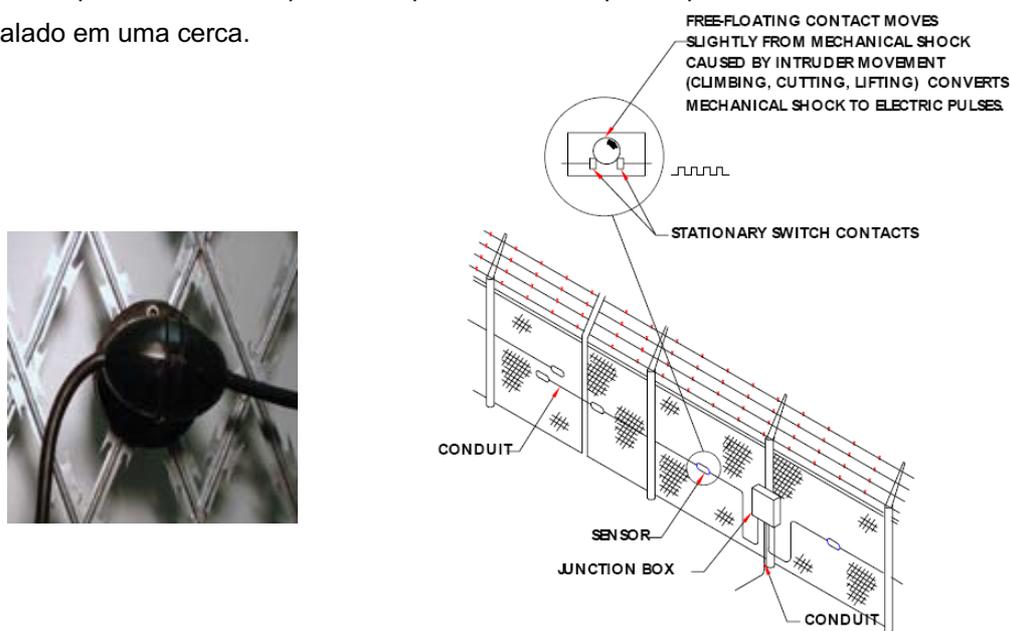


Figura 14: Sensor de vibração de cerca e forma de instalação típica.

3.2 Comunicação entre sensores e central de monitoramento

Nos sistemas sem fio a comunicação é feita através de ondas de RF (radio-frequência) em bandas de transmissão estreitas. Estes sistemas geralmente têm proteções contra elementos externos, como proteção contra violação (se alguém tentar violar o equipamento, é enviado um sinal à central de monitoramento) e codificação digital (evita alarmes falsos em razão de descargas elétricas ou ruídos). As desvantagens deste meio de transmissão são o custo do *hardware*, as interferências, e os atrasos de comunicação

Nos sistemas com fio, após o simples corte na fiação, a central de alarmes é acionada imediatamente. A desvantagem deste meio de transmissão está na necessidade de interligação de

muitos fios na instalação e a necessidade de manutenção dos fios em caso de corte.

3.3 Requisitos do *hardware* do sensor

As condições normais de operação do sensor de presença (em ambientes externos operando ininterruptamente e em ambientes internos operando após ativados, isto é, após a saída de todos os usuários) são fatores limitantes da eficácia do sistema de detecção de pessoas, visto que detecções falsas disparam o alarme, o que pode causar transtornos.

Para os ambientes internos, devem-se considerar na escolha dos sensores:

- Rápidas variações de temperatura durante o dia, principalmente nas proximidades das janelas, que são de vidro transparente;

- Possíveis variações na temperatura e ruídos audíveis, devido ao funcionamento de aparelhos condicionadores de ar;

Para os ambiente externo, devem-se considerar:

- Rápidas variações de temperatura, que podem ser grandes durante o dia;

- Intempéries;

- Maior circulação de ar;

- A presença de animais, de árvores e de outros prédios nas proximidades;

- A dificuldade de se realizar manutenção periódica;

3.3.1 Ambiente externo

No ambiente externo do LIMC se encontravam instalados sensores de presença para inibir o roubo de cabos através da parte superior do prédio. Entretanto, os sensores foram instalados sem análise prévia e são do tipo infravermelho passivo. Este tipo de sensor apresentou problemas com detecções falsas, devido às seguintes restrições a seu uso em ambiente externo:

- Sensibilidade à temperatura;

- Intempéries;

- Maior circulação de ar;

- A presença de animais, de árvores e de outros prédios nas proximidades;

- A dificuldade de se realizar manutenção periódica;

Em razão disto, propõe-se a utilização de detectores utilizando chaves magnéticas. Para cada sensor, uma das extremidades é fixada à parede e a outra parte é presa a fios de *nylon* finos. O contato entre as duas partes do sensor é normalmente fechado e a parte fixa à parede se comunica com o circuito de processamento. Se um ser humano ou animal tocar o fio de *nylon*, disposto como mostrado na figura 15, desloca um dos fios e conseqüentemente a parte móvel da chave, causando um disparo do alarme.

A vantagem principal desta configuração é o baixo custo dos sensores e do material usado, visto que a unidade pode custar, atualmente, de R\$5 a R\$15. A desvantagem está na necessidade de

manutenção no caso de disparo, visto que é necessário unir novamente os contatos dos sensores. Entretanto, a adição de um sistema de auto-alinhamento, composto por duas molas conectadas ao sensor em uma das extremidades e a outra conectada ao suporte dos sensores, reduz-se esse problema.

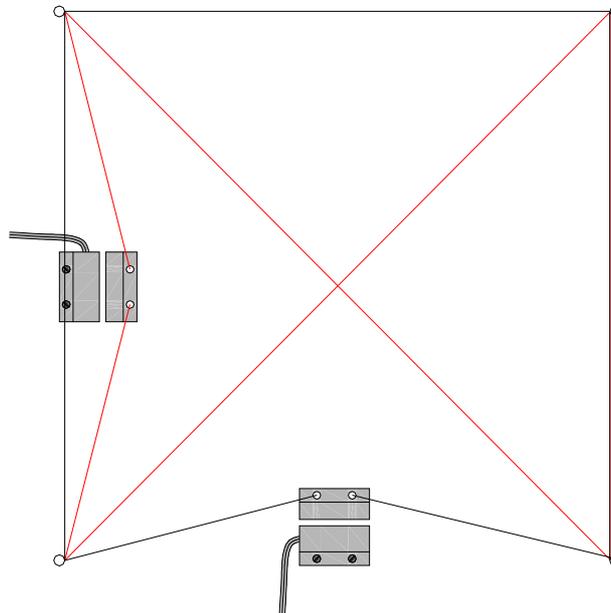


Figura 15: Arranjo de sensores (contatos magnéticos) para detecção de pessoas no telhado.

3.3.2 Ambiente interno

No ambiente interno do LIMC, sugere-se o uso de sensores de infravermelho passivos.

O posicionamento dos sensores de parede, cujo custo varia entre R\$15 e R\$25, é mostrado no Anexo A, na planta baixa no prédio (cedida pelo laboratório e acrescida do posicionamento dos sensores e com as alterações para apresentação dos resultados deste trabalho), editada através da ferramenta AutoCAD.

Podem também ser usados sensores de teto posicionados no centro de cada ambiente, como o modelo nacional MNL SE0700ML do fabricante Multilaser, que custa (atualmente) cerca de R\$ 40 e cuja área de observação é maior com relação aos sensores de parede, além de serem equipados com sirene própria ou poderem ser interligados a uma sirene externa (o que permite também a interligação a uma unidade central de controle).



Figura 16: Sensor infravermelho passivo de teto MNL SE0700ML (Multilaser).

4. Conclusões

As atividades realizadas durante o período de estágio foram válidas na formação como engenheira, agregando tanto informações técnicas como a a experiência de avaliar demandas e custos de um projeto a ser realizado.

Observou-se que é possível projetar com sensores de custo relativamente baixo um sistema de monitoramento de ambientes, sem a necessidade de exaustivos testes para o posicionamento e distribuição dos sensores e que os aspecto mais crítico é a escolha do tipo de tecnologia a ser usada em cada projeto.

O estudo e planejamento reduzem os custos de instalação e de materiais e após a instalação o sistema pode ser ampliado, embarcando uma nova função: quando desativado, o sistema de segurança pode controlar o acionamento das lampadas de corredores, diminuindo o consumo de energia do ambiente. Outra possibilidade de ampliar o sistema é interconectar a central de monitoramento a um sistema de controle de entrada de usuários no laboratório.

5. Bibliografia

Perimeter Security Sensor Technologies Handbook, Electronic Security Systems Engineering Division, North Charleston, 1997.

Na *world wide web*:

www.apcord.com/comparecontrast.pdf consultado em agosto de 2009.

www.coin-payment.com/en/sensorapplication.html, consultado em Junho de 2009.

www.dni.com.br, consultado em Junho de 2009.

www.mundomax.com.br consultado em Julho de 2009.

www.wmrseguranca.com.br consultado em Agosto de 2009.

www.siproel.ind.br consultado em Agosto de 2009.

B) Planta baixa reduzida do ambiente externo do prédio (na ilustração, apenas na parte nova do prédio, o que pode ser estendido à parte antiga), com o posicionamento sugerido para as chaves magnéticas.

