

# UM SISTEMA PARA CONFIGURAÇÃO AUTOMÁTICA DE DISPOSITIVO MÓVEL EM MODO SILENCIOSO

**Sebastião Galeno Pereira Filho**  
Universidade Federal do Piauí/Brasil  
[galeno.sgpf@gmail.com](mailto:galeno.sgpf@gmail.com)

**Roniel Soares de Sousa**  
Universidade Federal do Piauí/Brasil  
[ronizsds@gmail.com](mailto:ronizsds@gmail.com)

**André Castelo Branco Soares**  
Universidade Federal do Piauí/Brasil  
[andre.soares@ufpi.edu.br](mailto:andre.soares@ufpi.edu.br)

**Abstract:** The problem of Cell Phone Ringing in a Quiet Environment occurs when in this environment a cell phone rings or sounds bothering people present at this location and generating an inconvenience to the owner of the device. This paper proposes an innovative method for automatic configuration of smartphones in silent mode. With this system is possible to set silent regions through emitters Bluetooth signals. Through software, smartphones will be able to detect these regions and calculate, based on data derived from the Received Signal Strength Indication (RSSI), whether you are inside or outside the detected region. In order to check the efficiency of the proposed system, applications have been developed for the iOS and Android platforms. Results from experiments have shown that our system achieved 86.3% accuracy in the worst case.

**Keywords:** Cell phone; Silent mode; Bluetooth; RSSI.

**Resumo:** O problema do Toque de Celular em Ambiente Silencioso ocorre quando em um ambiente deste tipo um aparelho celular toca ou soa incomodando as pessoas presentes neste local e gerando um transtorno para o proprietário do aparelho. Este trabalho propõe um sistema para configuração automática de smartphones em modo silencioso. Com este sistema é possível definir regiões silenciosas através de emissores de sinais Bluetooth. Através de um software, smartphones serão capazes de detectar estas regiões e calcular, baseando-se em dados derivados do Indicador de Potência de Sinal Recebido (RSSI), se estão dentro ou fora da região detectada. Com o objetivo de verificar a eficiência do sistema proposto, foram desenvolvidos aplicativos para as plataformas iOS e Android. Resultados obtidos através de experimentos mostraram que a solução obteve 86,3% de acerto, no pior caso.

**Palavras-chave:** Celular; Modo silencioso; Bluetooth; RSSI.

## I. INTRODUÇÃO

O celular é um dispositivo que permite a comunicação dos seus usuários por voz, mensagem de texto ou através da Internet. Dados preliminares da Anatel [1] indicam que o Brasil começou 2014 com

272,4 milhões de celulares e 136,99 celulares por conjunto de 100 habitantes.

Com a massificação dos aparelhos celulares surgiram alguns problemas de convivência entre as pessoas que portam estes aparelhos. Entre esses problemas está o do toque de celular em ambiente silencioso, observado na Figura 1. Esse problema existe quando em um ambiente silencioso (sala de aula, sala de reunião, cinema, teatro, hospitais, etc) um aparelho celular toca desconcentrando ou incomodando as outras pessoas presentes neste ambiente. Vale ressaltar que isso também gera um transtorno para o proprietário do aparelho celular que na maioria das vezes apenas não lembrou de colocar seu aparelho no modo silencioso. Outro problema é o usuário perder ligações quando sai do ambiente silencioso porque se esqueceu de retirar o aparelho do modo silencioso.

Este artigo apresenta um sistema para configuração automática de *smartphones* em modo silencioso. O sistema proposto utiliza emissores de sinais *Bluetooth* para sinalizar a existência de regiões silenciosas. Na Figura 1, observa-se um emissor, localizado no centro de uma sala de aula emitindo sinais *Bluetooth* para sinalizar uma região silenciosa. Com o uso do sistema proposto, *smartphones* são capazes de detectar regiões silenciosas através destes sinais. Tais sinais permitem que o *smartphone* utilize o Indicador de Potência de Sinal Recebido (Received Signal Strength Indication) para calcular se o aparelho está dentro ou fora da região silenciosa. Assim, é possível a configuração automática dos *smartphones* que se aproximam e se distanciam da região sinalizada como silenciosa.

As principais soluções encontradas hoje no mercado para resolver o problema do toque de celular em ambiente silencioso utilizam informações de GPS (Global Positioning System), de redes Wi-Fi e/ou de agenda. As soluções que se baseiam em informações de GPS possuem uma baixa precisão em ambientes internos e um alto consumo de energia elétrica. Nas soluções que se baseiam em informações de agenda e/ou de redes Wi-Fi, apesar de não haver um alto consumo de bateria, exigem uma configuração prévia

do usuário. Isso representa uma desvantagem. Diferente das outras soluções encontradas no mercado, o sistema proposto não utiliza informações

de GPS e também não requer informações de redes WiFi ou de agenda.

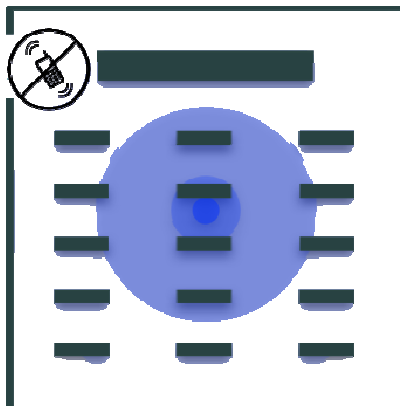


Fig. 1. Emissor enviando sinais *Bluetooth*, sinalizando a região silenciosa.

As principais soluções encontradas hoje no mercado para resolver o problema do toque de celular em ambiente silencioso utilizam informações de GPS (Global Positioning System), de redes Wi-Fi e/ou de agenda. As soluções que se baseiam em informações de GPS possuem uma baixa precisão em ambientes internos e um alto consumo de energia elétrica. Nas soluções que se baseiam em informações de agenda e/ou de redes Wi-Fi, apesar de não haver um alto consumo de bateria, exigem uma configuração prévia do usuário. Isso representa uma desvantagem. Diferente das outras soluções encontradas no mercado, o sistema proposto não utiliza informações de GPS e também não requer informações de redes WiFi ou de agenda.

Com o objetivo de avaliar o sistema e analisar o seu desempenho em diferentes plataformas de dispositivos móveis foi então desenvolvido duas versões do *software*, uma para iOS e outra para Android. O sistema operacional Android está presente em *smartphones* como Galaxy S5, Nexus 5 e Moto G, enquanto o iOS é o sistema operacional que equipa aparelhos como o iPhone, iPod Touch e Ipad. Segundo relatórios da IDC (International Data Corporation) o Android e o iOS são, respectivamente, o primeiro e o segundo sistema operacional de *smartphones* mais utilizados no mundo e juntos são responsáveis por 96.3% de todos os embarques de *smartphones* no último trimestre de 2014 [4].

O restante deste trabalho está organizado como segue. Os trabalhos relacionados são apresentados na Seção II. A Seção III descreve o sistema proposto cuja avaliação é mostrada na Seção IV. Finalmente,

na Seção V são descritas as conclusões e trabalhos futuros.

## II. TRABALHOS RELACIONADOS

### A. Aplicativos Existentes

Foi realizado um levantamento sobre aplicativos para as duas principais plataformas de dispositivos móveis, Android e iOS, em suas respectivas lojas de venda de aplicativos, *Google Play* e *App Store*, identificaram-se alguns aplicativos que possuem o objetivo de auxiliar os usuários a definirem seus celulares em modo silencioso de forma automática em locais que exigem silêncio.

Na loja de aplicativos da plataforma Android (Play Store) foram encontrados diversos aplicativos com o objetivo de silenciar os celulares de forma automática. Entretanto, a loja de aplicativos da plataforma iOS (App Store) não foram encontrados muitos aplicativos para resolver o problema do toque de celular. Observou-se que a quantidade de downloads feitos na plataforma Android se mostrou bem maior do que na iOS para esse tipo de aplicativo.

Um desses aplicativos é o Silent [14] encontrado para plataforma Android na *Play Store*. Na Figura 2 é possível visualizar telas do aplicativo. Este aplicativo ativa e desativa o modo silencioso automaticamente, mas tudo deve ser previamente configurado. É necessário configurar os horários da semana, escolher os locais em que deve ficar em modo silencioso e definir para quais contatos o celular não deve ficar no silencioso. Os locais são definidos por localização via GPS, então é necessário que o mesmo permaneça ativado sempre.

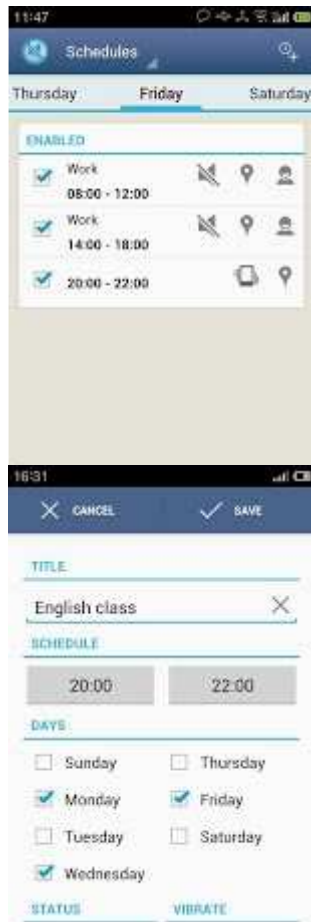


Fig. 2. Aplicativo Silent para plataforma Android

Outro aplicativo encontrado na *Play Store* é o *Manner mode by WiFi*, as suas telas podem ser observadas na Figura 3. Com este aplicativo pode-se alterar os modos de som de acordo com acesso a uma rede Wi-Fi, adicionando esta rede a uma lista. Ao aproximar-se das redes que foram configuradas na lista, o celular entra em modo silencioso. Necessariamente o celular deve estar com a Wi-Fi ligada para o funcionamento do aplicativo.



Fig. 3. Aplicativo Manner mode by WiFi para plataforma Android

Um dos aplicativos encontrados foi o SilentAlert [16]. Este aplicativo funciona de maneira semelhante ao aplicativo Silent anteriormente mencionado nesta seção. Com SilentAlert é possível programar o celular para entrar em modo silencioso durante um determinado período de tempo ou até mesmo em uma determinada localização. Após o término do tempo programado ou com a saída do local especificado o celular avisa, por meio de alertas vibratórios, que o aparelho permanece em modo silencioso. Neste aplicativo, faz-se necessário que o GPS e/ou Wi-Fi estejam sempre ligados. Na Figura 4 são ilustradas algumas telas do aplicativo SilentAlert.



Fig. 5. Aplicativo SilentAlert para plataforma iOS

Outro aplicativo encontrado na *App Store* foi o *SilenceZone* [17]. Com este aplicativo é possível programar o celular para entrar em modo silencioso ou modo de toque de acordo com uma determinada localização configurada, através da localização do GPS é definido um raio de distância que determina o perímetro. Na Figura 5, observa-se algumas das telas deste aplicativo.



Fig. 4. Aplicativo SilentZone para plataforma iOS

Todos os aplicativos encontrados fazem o uso de informações de agenda, de redes Wi-Fi e/ou de localização de GPS (Sistema de Posicionamento Global) para configuração do celular em modo silencioso. Assim, com esses aplicativos já existentes o usuário precisa configurar previamente seu aparelho definindo em quais regiões geográficas, ou em quais redes Wi-Fi ou em quais horários e dias da semana seu celular deve entrar em modo silencioso. Outro problema encontrado para as soluções que utilizam GPS é o alto consumo de bateria e a falta de precisão em regiões que ficam localizadas dentro de construções [7].

#### B. Métodos de Localização em Ambientes Internos

Diversos trabalhos utilizam sinais sem fio para fazer a localização interna de dispositivos móveis [2,8,6,3]. Estes trabalhos podem ser classificados nos que não se baseiam em distância e nos que se baseiam em distância.

No método utilizado em [2], que não se baseia em distância, é necessária uma fase de treinamento. Nesta fase é criado um mapa de leituras de potência de sinais recebidos de diversos emissores de sinais posicionados na região de interesse. Quando um dispositivo móvel deseja obter sua localização, basta

realizar leituras do Indicador de Potência de Sinal Recebido (RSSI) e comparar com o mapa que foi criado na fase de treinamento. Estes métodos são pouco apropriados para o sistema de configuração automática de celulares em modo silencioso proposto neste artigo. Isto porque são necessários equipamentos extras (por exemplo, um computador que irá receber as leituras de RSSI do celular e comparar com o mapa) para armazenar o mapa criado na fase de treinamento, o que contraria o desejo de criar um sistema o menos invasivo possível. Uma solução seria enviar os mapas juntos com os sinais sem fio, porém, como será visto posteriormente, a tecnologia utilizada para enviar os sinais sem fio permite o envio de uma pequena quantidade de dados junto aos sinais, sendo insuficiente para o envio do mapa completo. Este método também apresenta problemas em ambientes dinâmicos, pois uma simples alteração na posição de móveis ou na posição das pessoas presentes na região silenciosa faz com que seja necessário recriar o mapa de medidas.

Alguns métodos baseados em distância são: Tempo de Chegada (TOA), Diferença de Tempo de Chegada (TDOA) e que utilizam RSSI. Os métodos TOA [3] e TDOA [10] requerem equipamentos especializados com alta sincronização e possuem um alto custo monetário. Os métodos que utilizam RSSI buscam estimar as distâncias entre as estações bases e o dispositivo móvel através de cálculos com o RSSI. As distâncias calculadas são utilizadas para tentar estimar a posição do dispositivo móvel através de técnicas como trilateração. Vale ressaltar que o método de [2] não é considerado baseado em distância porque ele não utiliza o RSSI para estimar distância e sim para comparar com um mapa criado anteriormente.

Também foi realizada uma busca por patentes que possuam alguma relação com o sistema proposto neste artigo. Durante esta busca foi encontrada uma patente relacionada a este trabalho. A patente em questão [5] possui o título “Cell phone system with automatic ringer/vibrate/silent/operating mode settings based on entering/exiting public areas and theaters”. Esta patente reivindica um dispositivo e um sistema para configuração remota dos modos de toque (tocar, vibrar e silenciar) de telefones celulares em áreas públicas. Para isto, são inseridos transmissores nas entradas e saídas de áreas públicas. Apesar disso, não foram identificadas soluções que utilizem a referida patente para resolver ou reduzir o problema do toque de celulares em ambiente silencioso.

### III. PROCESSO DE DEFINIÇÃO E PROCURA POR ÁREAS SILENCIOSAS

Nesta seção é apresentado o funcionamento do Sistema de Configuração Automática de Smartphones em Modo Silencioso. Foram implementadas e comparadas duas soluções de localização baseadas em raio. Essas soluções foram desenvolvidas em dois sistemas operacionais de dispositivos móveis diferentes. As duas soluções foram desenvolvidas



para o sistema operacional Android, mas apenas uma delas para o sistema operacional iOS.

Um *smartphone* pode verificar se está ou não dentro de uma área silenciosa monitorando a região em que se encontra em busca de sinais *Bluetooth*. Estes sinais são emitidos por dispositivos, chamados aqui de emissores, devidamente configurados e dispostos em regiões para defini-las como silenciosas.

O *iBeacon* é um sistema de proximidade de ambientes internos criado e definido pela Apple como “uma nova classe de transmissores de baixa potência e de baixo custo que podem notificar dispositivos iOS 7 próximos da sua presença”. Por meio deste sistema é possível verificar o quão próximo está um dispositivo móvel (que possui *Bluetooth*) do emissor *iBeacon*. Isso é verificado através do cálculo da acurácia, distância estimada (entre o emissor e o dispositivo móvel receptor) pelo algoritmo da Apple nos dispositivos iOS e pelo algoritmo da biblioteca da *Radius Networks* [RADIUS] nos dispositivos Android. Os algoritmos de ambas as plataformas utilizam o RSSI para estimar a distância entre o emissor e o receptor do sinal. Nas soluções propostas, esta distância é utilizada para definir se o usuário está dentro ou fora da área silenciosa. Vale destacar que a tecnologia *iBeacon* é utilizada nas soluções propostas neste artigo apenas para estimar a distância entre o celular e o emissor de sinais *Bluetooth*. Um aplicativo foi desenvolvido para utilizar tais informações e informar se o aparelho está dentro ou fora da região silenciosa.

Na Figura 6, pode-se observar um emissor *Bluetooth* emitindo sinais *iBeacon*. Os dispositivos móveis que recebem esses sinais podem a partir do RSSI estimar a distância entre eles e o emissor. Como pode ser visto, ainda na mesma figura, os diferentes smartphones encontram-se em posições diferentes estimando o quão longe estão do emissor.

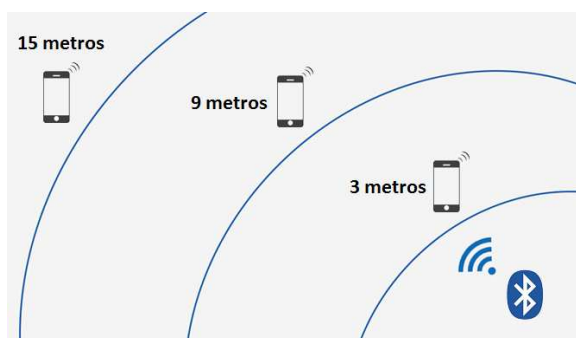


Fig. 6. Sistema de proximidade *iBeacon*

A tecnologia *iBeacon* da Apple é utilizada para facilitar a definição e a procura por áreas silenciosas. Esta tecnologia permite que cada emissor envie dados junto com os sinais *Bluetooth* para os dispositivos próximos, tais como: *proximity UUID*, *major number* e *minor number*. O primeiro é um identificador único universal que possui um valor de 128 bits e identifica

um ou mais beacons. O segundo é um valor de 16 bits que pode ser usado para diferenciar grupos de beacons com o mesmo valor de *proximity UUID*. O terceiro, por sua vez, é um valor de 16 bits que pode ser usado para diferenciar beacons com o mesmo valor de *proximity UUID* e *major number*. Os valores destes três dados mencionados podem ser configurados no emissor para uso qualquer. Nas soluções propostas neste artigo, o *major number* e o *minor number* são utilizados para definir o limite da área silenciosa.

#### A. Definição de Áreas Silenciosas

Para definir uma área silenciosa é necessário o uso de um emissor *iBeacon* posicionado no centro da região silenciosa. A Figura 7 mostra uma região silenciosa de 6x4 metros com seu emissor configurado para delimitar uma região de raio igual a 3,6 metros.

O emissor deverá ter configurado seu *major number* de forma que indique o raio da área silenciosa. Por exemplo, para uma área que possua seis metros de comprimento e quatro de largura, o *major number* do emissor deverá sinalizar um raio de 3,6 metros, que é o menor raio que cobre toda a região. Assim, o *major number* desta região deverá ser “0360”.

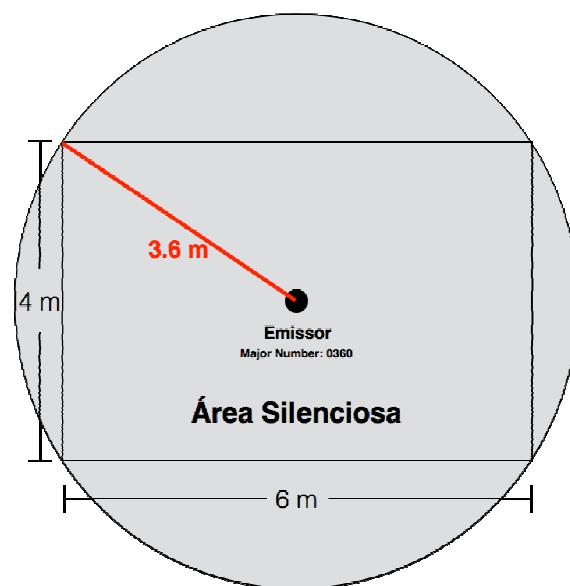


Fig. 7. Área silenciosa com emissor configurado

#### B. Procura por Áreas Silenciosas

O processo que define se um determinado dispositivo móvel está ou não dentro de uma área silenciosa é dividido em duas etapas. Na primeira etapa, o dispositivo móvel procura na região sinais *Bluetooth* (sinais *iBeacon*) que indiquem a existência de uma área silenciosa. Na segunda etapa, os sinais coletados são utilizados para verificar se o dispositivo móvel está ou não dentro das áreas silenciosas. A Figura 8 exibe o fluxograma que resume o funcionamento da procura por áreas silenciosas.

A busca pelos sinais tem duração de 5 segundos. Durante este tempo, o dispositivo móvel monitora a região em busca de sinais *iBeacon*. O emissor envia sinais *iBeacon* com uma frequência de 1 Hz (esta frequência é configurável). Sendo assim, caso o dispositivo móvel esteja próximo de uma área silenciosa, serão capturados 5 sinais durante o monitoramento. Caso não sejam capturados sinais durante a coleta de dados, conclui-se que o dispositivo móvel não está em uma área silenciosa. Caso contrário, os dados coletados serão utilizados para decidir se o dispositivo está dentro ou fora da área encontrada. Na execução do algoritmo é utilizado apenas um sinal *iBeacon* do emissor. Assim, caso sejam coletados mais de um sinal para algum emissor, apenas o sinal que possuir o menor valor de acurácia será utilizado. Isto ocorre porque foi observado durante alguns testes realizados neste trabalho que os erros encontrados nas medidas da acurácia geralmente ocorrem para mais. Por exemplo, um dispositivo móvel está a 7 metros do emissor, mas os valores de acurácia de diversas leituras ficam entre 8 e 10 metros. Isso aumenta a probabilidade de o algoritmo acusar que o dispositivo móvel está fora da área silenciosa, quando na verdade está dentro. O algoritmo, por sua vez, compara o raio indicado pelo *major number* transmitido pelo emissor com o valor de acurácia calculado. Caso o valor do raio indicado pelo *major number* seja maior ou igual ao valor da acurácia calculada, conclui-se que o usuário está dentro de uma área silenciosa, caso contrário, conclui-se que o usuário está fora da área silenciosa.

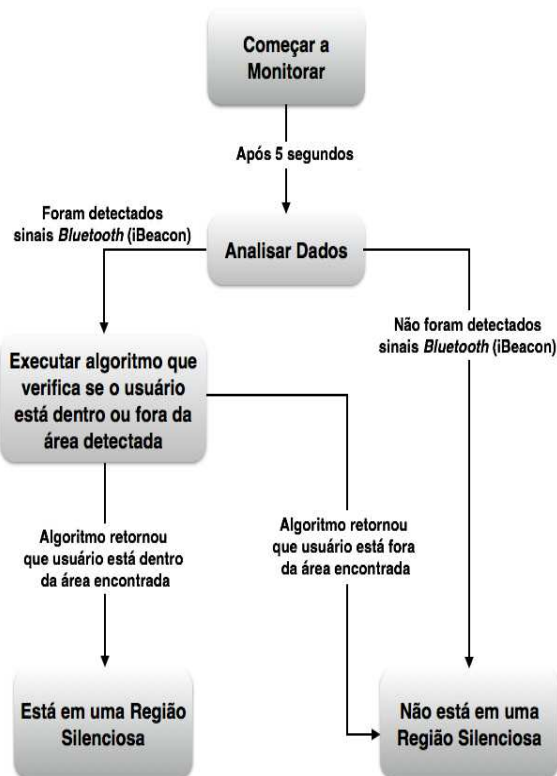


Fig. 8. Fluxograma da procura por áreas silenciosas

Com o objetivo de observar o comportamento dos diferentes valores de acurácia calculados a partir dos sinais *iBeacon* foi elaborado também uma solução alternativa apenas para a plataforma Android. Nesta solução, ao invés de usar a menor medida de acurácia, foi utilizado o valor da média das 5 medidas coletadas pelo *smartphone*. Nesta solução proposta o algoritmo compara o raio indicado pelo *major number* transmitido pelo emissor com o valor da média das acurácias.

#### IV. AVALIAÇÃO DO SISTEMA

A avaliação do sistema proposto foi realizada através de experimentos de medições realizados no Departamento de Computação (DC) da Universidade Federal do Piauí (UFPI). A Figura 9 mostra a área do DC que foi utilizada para a realização dos experimentos. A região sombreada corresponde ao Laboratório de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos (DiSNeL) que foi a área configurada como silenciosa. O DiSNeL tem largura igual a 4 metros e comprimento igual a 6 metros, e dentro deste laboratório existem mesas, computadores, armários, etc.

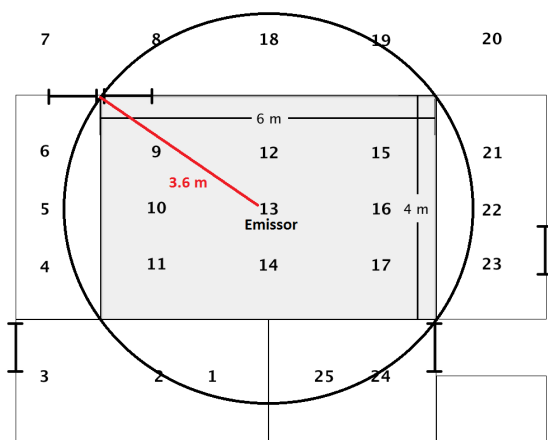


Fig. 9. Mapa da área onde foram realizados os experimentos

Para a solução baseada em raio, foi posicionado um Macbook Air no centro do DiSNeL, como mostra a Figura 9. Este Macbook é o responsável por emitir os sinais *bluetooth* que sinaliza a área silenciosa. Seu *major number* foi configurado como 0360 para indicar que esta região possui 3,6 metros e o seu *proximity UUID* como 00000000-0000-0000-000000000000 para identificar o grupo de *Beacons* específico do emissor, mas que poderia ser configurado com outro valor de 128 bits qualquer.

Para a realização dos experimentos foram criados dois aplicativos, um para o sistema operacional Android e outro para o sistema operacional iOS. O aplicativo da plataforma Android foi programado com

duas soluções para procura por áreas silenciosas, uma delas foi baseada no algoritmo que utiliza o menor valor de acurácia e o outro que utiliza a média dos valores de acurácia. O aplicativo da plataforma iOS foi programado apenas com o algoritmo que utiliza o menor valor de acurácia. Os aplicativos Android e iOS foram desenvolvidos usando diferentes bibliotecas, o primeiro utilizou a biblioteca de código aberto *Android Beacon Library* [12] que foi desenvolvida pela *Radius Networks*, enquanto o segundo utilizou a biblioteca nativa oferecida pela tecnologia *iBeacon* da Apple. Os smartphones utilizados para os experimentos foram um iPhone 5 com sistema operacional iOS 7 e um Moto G com sistema operacional Android 4.3 Jelly Bean.

Os experimentos com os aplicativos foram executados em 25 pontos localizados dentro e fora do DiSNEL. De acordo com a numeração presente na Figura 3 pode-se observar que são 16 pontos fora da área silenciosa e 9 dentro. A numeração define a ordem com que os pontos foram percorridos durante os experimentos. Este circuito foi percorrido 10 vezes por cada aplicativo, executando-o em cada ponto do mapa. Com isso foram realizadas 250 observações para cada uma das soluções propostas, sendo 90 dentro da área silenciosa e 160 fora.

Para facilitar a distinção das soluções propostas foi criada uma nomenclatura a partir dos algoritmos e sistemas operacionais usados. Os nomes And-Menor e And-Média referem-se às soluções da plataforma Android que utilizam nos seus algoritmos, respectivamente, o menor valor de acurácia e a média dos valores de acurácia. O nome iOS-Menor refere-se à solução da plataforma iOS que utiliza o menor valor de acurácia no seu algoritmo para determinar se o dispositivo móvel está dentro ou fora da área silenciosa.

A Tabela I apresenta a quantidade de acertos e erros que se referem às 90 verificações realizadas por cada uma das soluções propostas nos pontos de dentro da área silenciosa.

TABLE I. RESULTADO DAS SOLUÇÕES PARA OS PONTOS DE DENTRO

	<i>And-Menor</i>	<i>And-Média</i>	<i>iOS-Menor</i>
Acertos	89	64	78
Erros	1	26	12
Total	90	90	90

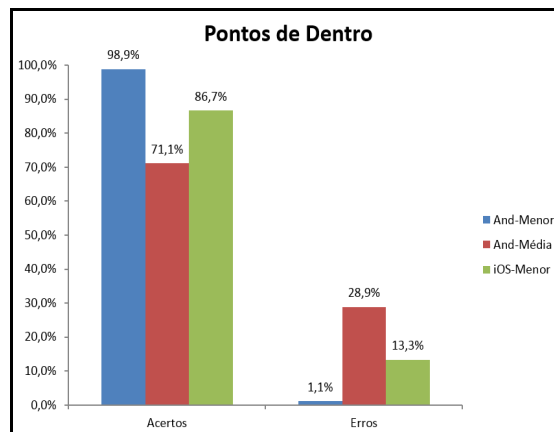


Fig. 10. Desempenho das soluções nos pontos de dentro

De acordo com o gráfico da Figura 10 a solução And-Menor apresentou o melhor desempenho dentro da área silenciosa, acertando 89 das 90 verificações realizadas, representando 98,9% de acerto. O pior desempenho foi apresentado pela solução And-Média que atingiu apenas 71,1% de acerto. A partir dos resultados apresentados no gráfico da Figura 10 observa-se que as soluções de melhor resultado utilizaram o menor valor de acurácia no algoritmo. And-Média apresentou o pior desempenho. Isso ocorre devido às interferências do meio que podem ocasionar o surgimento de valores discrepantes de RSSI, os quais são usados no cálculo das estimativas de distância. Uma variação em um desses valores é o suficiente para que o valor da média calculado no And-Média retorne um resultado incorreto.

A Tabela II apresenta a quantidade de acertos e erros das soluções propostas. Os números apresentados nesta tabela são referentes às 160 verificações realizadas pelas soluções propostas nos pontos de fora da área silenciosa.

TABLE II. RESULTADO DAS SOLUÇÕES PARA OS PONTOS DE FORA

	<i>And-Menor</i>	<i>And-Média</i>	<i>iOS-Menor</i>
Acertos	138	158	159
Erros	22	2	1
Total	160	160	160

O gráfico da Figura 11 apresenta os resultados coletados nos pontos de fora da área silenciosa, os quais sofrem uma maior interferência. Assim, a ocorrência de valores discrepantes de RSSI é mais frequente nestes pontos, o que justifica um maior acerto da solução And-Média neste cenário. Foi observado que a solução iOS-Menor sofre mais interferência que as soluções Android. Estas

interferências influenciam no aumento da distância calculada, e assim, o algoritmo afirma que o usuário está fora da área silenciosa corretamente. Acredita-se que esses erros ocorrem principalmente devido aos canais de rádios serem muito imprevisíveis, podendo haver alterações do RSSI causadas pela presença de paredes, móveis, computadores e pessoas na região, bem como interferências multi-path [11].

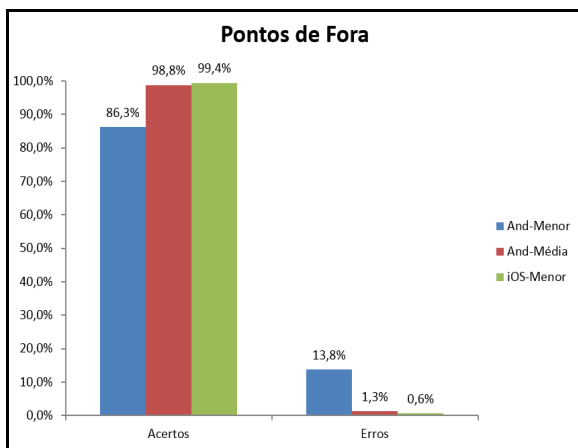


Fig. 11. Desempenho das soluções nos pontos de fora

No gráfico da Figura 11, a solução And-Menor apresentou o pior desempenho, mas é importante lembrar que a definição da área silenciosa é feita por um raio a partir do centro da sala. Por causa deste raio, os pontos 1, 18 e 25 da Figura 3 estão localizados fora da área silenciosa (Laboratório DiSNeL), mas estão dentro do raio que sinaliza esta área como silenciosa, representando pontos críticos do cenário. Isto ocorre porque a sala silenciosa (DiSNeL) é um retângulo que está circunscrito no raio sinalizado pelo emissor, conforme pode ser observado na Figura 9. Para exemplificar, o ponto 18 (Figura 9) está fora da sala silenciosa, mas está dentro do raio de sinalização de 3,6 metros.

Observa-se no gráfico da Figura 12 que a estimativa de distância das soluções And-Média e iOS-Menor apresentam, na maioria das medidas, valores superiores à distância real. Em alguns casos, And-Média e iOS-Menor chegaram a estimar uma distância de até duas vezes a medida real. Por outro lado, a solução And-Menor apresentou medidas com valores mais semelhantes à distância real. Além disso, And-Menor apresentou uma oscilação de até um metro entre suas medidas e a distância real do ponto 18. Nesse ponto, as soluções And-Média e iOS-Menor acertaram que o dispositivo estava fora da zona silenciosa porque suas estimativas apresentaram valores superiores à distância real. Já a solução And-Menor, que teve estimativa mais próxima da distância real, porém inferior ao valor real, concluiu que o dispositivo estava dentro do DiSNeL (sala silenciosa) quando de fato o dispositivo estava fora.

O gráfico da Figura 12 apresenta as 10 medidas de acurácia coletadas por cada uma das soluções em um dos pontos críticos (ponto 18). Também foi traçada uma linha horizontal sinalizando a distância real entre este ponto e o emissor. Observa-se que a distância estimada pelo iOS-Menor e And-Média são maiores que a distância real, enquanto o And-Menor estima uma distância próxima à real. Isso justifica a menor quantidade de acertos da solução And-Menor nos pontos fora do DiSNeL, mas dentro da circunferência sinalizada como silenciosa apresentados no gráfico da Figura 11.

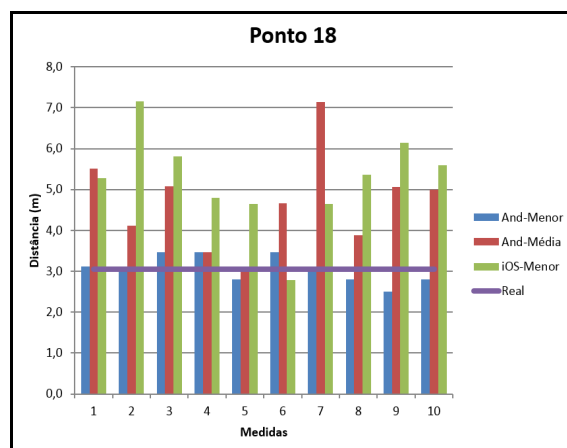


Fig. 12. Estimativas de distância do Ponto 18

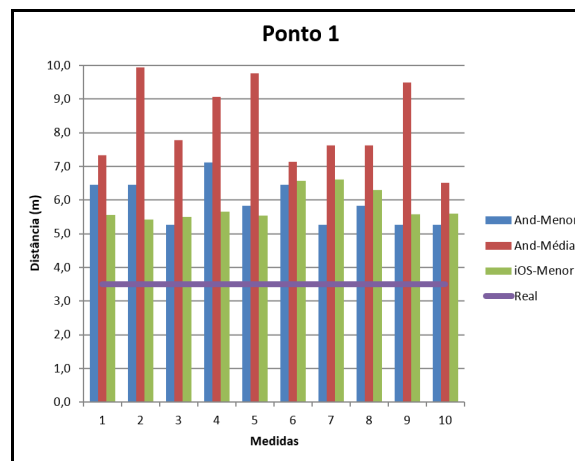


Fig. 13. Estimativas de distância do Ponto 1



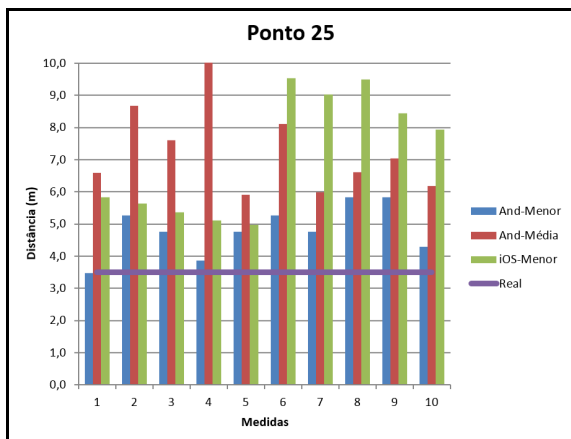


Fig. 14. Estimativas de distância do Ponto 25

Outros pontos críticos são os pontos 1 e 25. As estimativas para tais pontos são apresentadas nas Figuras 13 e 14, respectivamente. Estes dois pontos também estão localizados dentro da circunferência sinalizada como silenciosa, mas fora da sala silenciosa (DiSNeL). Apesar dos pontos 1 e 25 serem pontos críticos, assim como ponto 18, as estimativas de distância são no geral superiores à distância real. Acredita-se que este comportamento é justificado pelos armários fixados na parede que separa o disnel dos pontos 1 e 25. Tais obstáculos podem reduzir a potência do sinal (RSSI), acarretando em uma estimativa de distância superior a real. Por isso, os pontos críticos 1 e 25 não apresentaram comportamento semelhante ao ponto 18. É oportuno mencionar que a parede que separa o ponto 18 da sala silenciosa (DiSNeL), não possui armários.

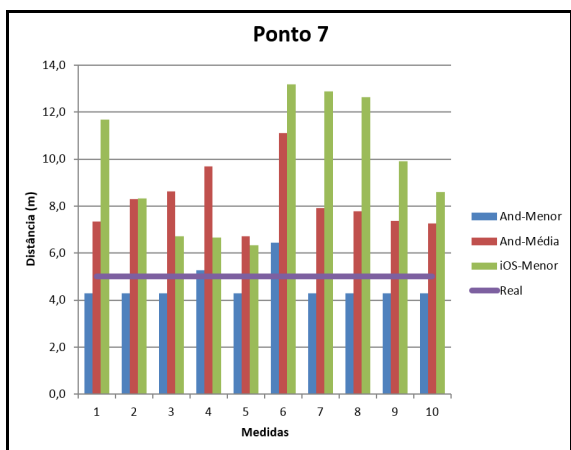


Fig. 15. Estimativas de distância do Ponto 7

A Figura 15 apresenta as estimativas do ponto 7, localizado fora do Laboratório DiSNeL e também fora da circunferência sinalizada como silenciosa. De acordo com a Figura 15, pode-se observar que as soluções And-Média e iOS-Menor apresentaram estimativas de distância maior do que a distância real. Enquanto a solução And-Menor apresentou

estimativas de distância abaixo da distância real, mas And-Menor é a solução que mais aproximou-se da distância entre o ponto e o emissor. O ponto 7 está localizado em um local que possui menos interferência do que os demais, por causa da menor quantidade de obstáculos presentes entre este ponto e o emissor.

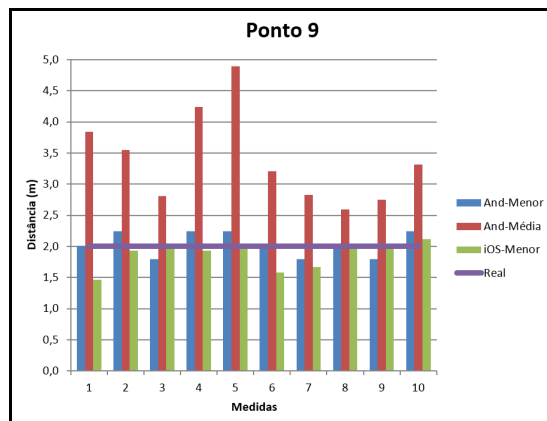


Fig. 16. Estimativas de distância do Ponto 9

O ponto 9 foi um dos pontos, localizados dentro do laboratório DiSNeL que foi analisado. A Figura 16 apresenta as estimativas do ponto 9 que está localizado dentro do laboratório DiSNeL. Observando a Figura 16, nota-se que as melhores estimativas de distância foram obtidas através das soluções And-Menor e iOS-Menor. Enquanto a solução And-Média obteve o pior desempenho, isto acontece porque um valor RSSI que sofreu interferência foi suficiente para aumentar o valor calculado na média de todos os valores das estimativas, como já foi comentado anteriormente.

## V. CONCLUSÃO

Neste artigo foi proposta um sistema de configuração automática de celular em modo silencioso. O desempenho do sistema proposto foi avaliado utilizando duas técnicas de localização baseadas em raio que foram desenvolvidas para diferentes sistemas operacionais, o Android e o iOS.

Foram realizados experimentos utilizando o sistema proposto no Departamento de Computação da Universidade Federal do Piauí. Os resultados obtidos mostram que o solução And-Menor obteve 98,9% de acerto nos experimentos realizados dentro da área silenciosa e 86,3% de acerto fora. Já solução iOS obteve 86,7% de acerto nos experimentos realizados dentro da área silenciosa e 99,4% fora. Para decidir a melhor solução dentre as propostas neste artigo deve-se levar em consideração o melhor desempenho nos pontos dentro da área silenciosa e a proximidade entre a real distância e as acurácias dos pontos. Assim, comparando as duas melhores soluções, And-Menor e iOS-Menor, observa-se que a solução que obteve um melhor desempenho geral para minimizar o problema

do toque do celular em ambientes silenciosos foi a solução And-Menor.

É importante salientar que em um ambiente de produção o aplicativo será executado em background e fará verificações de tempos em tempos, o que poderá ocasionar em uma maior quantidade de erros. Como trabalhos futuros, pretende-se realizar experimentos para avaliar o sistema proposto em um cenário com vários usuários, por exemplo uma sala de aula. Além disso, será realizado um estudo para investigar o consumo de energia da solução proposta.

## REFERÊNCIAS

- [1] Anatel. Estatísticas de celulares no brasil.
- [2] Bahl, P. and Padmanabhan, V. (2000). Radar: an in-building rf-based user location and tracking system. In INFOCOM 2000. Nineteenth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. Proceedings. IEEE, volume 2, pages 775 – 784, Tel Aviv.
- [3] Capkun, S., Hamdi, M., and Hubaux, J.-P. (2001). Gps-free positioning in mobile ad-hoc networks. In System Sciences, 2001. Proceedings of the 34th Annual Hawaii International Conference on.
- [4] IDC (2014). International data corporation - worldwide smartphone shipments top one billion units for the first time.
- [5] Kaufman, R. (2006). Cell phone system with automatic ringer/vibrate/silent/operating mode settings based on entering/exiting public areas and theaters. 2006.
- [6] Kung, H. L. L.-C., Hou, J. C., and Luo, H. (2006). Zero-configuration, robust indoor localization: Theory and experimentation. In INFOCOM 2006. 25th IEEE International Conference on Computer Communications. Proceedings, pages 1 – 12.
- [7] Ni, L., Liu, Y., Lau, Y. C., and Patil, A. (2003). Landmarc: indoor location sensing using active rfid.
- [8] Jeffrey Vander Stoep. Design and implementation of reliable localization algorithms using received signal strength. Master's thesis, University of Washington, 2009.
- [9] Stoep, J. V. (2009). Design and implementation of reliable localization algorithms using received signal strength. Master's thesis, University of Washington.
- [10] Wendeberg, J., Muller, J., Schindelbauer, C., and Burgard, W. (2012). Robust tracking of a mobile beacon using time differences of arrival with simultaneous calibration of receiver positions. In Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN), 2012 International Conference on, pages 1–10.
- [11] Zanca, G., Zorzi, F., Zanella, A., and Zorzi, M. (2008). Experimental comparison of rssi-based localization algorithms for indoor wireless sensor networks.
- [12] Radius Networks. Android ibeacon library.
- [13] Alves Júnior, O. D. A. Historia dos guaranis de Santa Catarina. In: Guarani Nãnduti Rogue - Cultura paraguaia de expressão guarani. Disponível em: <>.http://www.staff.uni-mainz.de/lustig/gua... Acesso em 11/05/2009.
- [14] Hello World Soft Ltda. Aplicativo android Silent. Disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.hw.silentfrec> Acesso em 26/04/2015.
- [15] Hideki Ogawa. Aplicativo Manner mode by WiFi. Disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=jp.hideki.wifi.manner> Acesso em 26/04/2015.
- [16] Niv Gutherz. Aplicativo iOS Silent Alert. Disponível em: <https://itunes.apple.com/br/app/silentalert/id506092189?mt=8> Acesso em 26/04/2015.
- [17] Jose Moreira. Aplicativo iOS SilenceZone. Disponível em: <https://itunes.apple.com/pt/app/silencezone/id520889750?mt=8> Acesso em 26/04/2015.