
IMPLANTAÇÃO E ANÁLISE DE ESTRUTURAS GEODÉSICAS OBTIDAS POR GPS E ESTAÇÃO TOTAL – ÁREA EXPERIMENTAL CAMPUS DA UFPE

LUCIENE FERREIRA GAMA
ANDRÉIA DE SEIXAS

Universidade Federal de Pernambuco - UFPE
Centro de tecnologia e Geociências - CTG
Departamento de Engenharia Cartográfica, Recife – PE
Curso de Pós Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologia da Geoinformação.
{gamalf@gmail.com, aseixas@ufpe.br}

RESUMO – Para gerenciamento e planejamento territorial é necessário que as parcelas territoriais urbanas sejam georreferenciadas a um Sistema Geodésico de Referência único e atendam as condições do Princípio de Vizinhança. Este envolve a precisão posicional de um ponto a partir da precisão de pontos vizinhos. Desta forma, os objetivos deste trabalho consistem em testar metodologias viáveis no levantamento cadastral para atender a este princípio, buscando-se assim, critérios e tolerâncias posicionais adequadas para a implantação e densificação de estruturas geodésicas definidoras de campo de pontos de referência e campos de pontos-objeto, este último entendido como pontos de limites de parcelas. Neste contexto, foi implantado no Campus da UFPE um conjunto de campo de pontos de referência de caráter estável, medidos pela Tecnologia GPS aplicando os métodos: estático e *stop and go*; e Estação Total aplicando o método de redes. O campo de pontos-objeto foi determinado por irradiação tripla e simultânea. Posteriormente os dados destas medições terrestres foram utilizados para cálculos com o método da interseção a vante. Tanto o campo de pontos de referência quanto o campo de pontos-objeto tiveram suas coordenadas ajustadas por Mínimos Quadrados através do Método de Ajustamento Paramétrico a um nível de confiança de 95%.

ABSTRACT - To a management and territorial planning is necessary that the parcels are territorial urban georeferenced to an unique Geodesic Reference System and they need to meet the conditions of Neighbourhood Principle. This involves the positional accuracy of a point from the precision of neighbours points. Thus, the objectives of this work is to test viable methodologies in the cadastral survey to meet this principle, trying to be so, criteria and positional tolerances suitable for the deployment and densities of geodesic structures defining the field of benchmarks and fields of object-points, this one realized as points of limits of plots. In this context, was deployed on the UFPE campus, a set of field of benchmarks that are stable, measured by GPS technology with the application of some methods: static and stop and go, and Total Station with the method of networks. The Field of object-points was determined by triple and simultaneous irradiation. Later, the data of these measurements were used to calculate with the method of the intersection vante. The field of benchmarks and the field of object-points had their coordinates adjusted for Least Squares through the method of adjustment Parametric in a confidence level of 95%.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente os levantamentos cadastrais vêm sendo bastante discutidos por especialistas do cadastro, especialmente com relação ao problema do princípio de vizinhança, considerando que este é tratado pela NBR 13.133 (ABNT, 1994), como uma regra básica da Geodésia onde “cada ponto novo determinado deve ser amarrado ou relacionado a todos os pontos já determinados, para que haja uma otimização da distribuição dos erros”. Este princípio envolve a precisão posicional de um ponto a partir da precisão de pontos

vizinhos, e a sua aplicação nas medições cadastrais é uma forma de garantir a qualidade posicional desses levantamentos. Desta forma, estão sendo estudadas metodologias viáveis no levantamento cadastral para atender este princípio, buscando-se assim, critérios e tolerâncias posicionais adequadas para a implantação e densificação de estruturas geodésicas definidoras de campo de pontos de referência, assim como critérios e tolerâncias posicionais para o levantamento cadastral definidor de campos de pontos-objeto.

No cadastro imobiliário brasileiro, as informações sobre limites e feições dos imóveis, na maioria das

situações são derivadas de dois tipos de levantamentos: topográficos e fotogramétricos. Ambos assumem características próprias, parciais, definidas por profissionais ou por órgãos públicos. Outros fatores que influenciam na qualidade posicional dos pontos de limites de propriedades são: a inexistência de pontos densificados pertencentes a um único sistema de referência que permitam a conexão de todos os levantamentos cadastrais no país; a não distribuição equitativa dos pontos da rede brasileira de monitoramento contínuo; a existência de poucos profissionais com formação específica em levantamentos cadastrais; como também a inexistência de uma norma específica para o cadastro técnico urbano, que associe a descrição legal do limite com a definição geométrica do limite do imóvel vizinho e estabeleça os métodos, procedimentos e padrões de precisão aceitáveis.

Diante destes fatos surgem questionamentos, tais como: quais os métodos geodésicos e topográficos devem ser empregados nos levantamentos cadastrais de parcelas territoriais urbanas; quais os critérios e tolerâncias posicionais devem obedecer os levantamentos?, afim de se obter valores mais confiáveis nas medições; e como empregar o Princípio de Vizinhança?, o qual na prática não é considerado na maioria dos casos das medições para fins cadastrais no Brasil.

Em países que possuem um sistema cadastral consolidado, o levantamento cadastral é tratado como um levantamento especial, pelas suas funções que extrapolam a característica técnica e que envolvem questões legais. Nesses países, o profissional que realiza as medições cadastrais deve, obrigatoriamente, ter autorização oficial para o desenvolvimento de suas atividades, e geralmente exige-se uma formação complementar à formação geral em Geodésia e Levantamentos. Da mesma forma, normas específicas de levantamento são elaboradas para as aplicações cadastrais. Enquanto isso, no Brasil, os profissionais que realizam levantamentos cadastrais na maioria das situações não são habilitados para essa finalidade. Outro problema diz respeito à existência de Leis não condizentes com a realidade Cadastral. Tudo isso resulta em levantamentos incorretos ou incompletos devido à inexistência de um padrão eficiente e sistemática adequada a essa finalidade, acarretando muitas vezes em levantamentos que utilizam sistemas locais, ou seja, isolados sem ligação a um referencial geodésico que forneça a localização exata do imóvel, comprometendo a estrutura cadastral do município.

O uso dos métodos precisos de posicionamento GPS está alterando a forma da administração dos levantamentos cadastrais e também a avaliação da coleta dos dados no campo. O crescente desenvolvimento dos métodos de levantamento e técnicas GPS (Global Positioning System) aplicado ao cadastro tais como: Estático, Estático Rápido, *stop and go*, e principalmente nos últimos anos com o desenvolvimento do método Cinemático em Tempo Real (RTK), deram origem a questionamentos sobre os métodos e procedimentos utilizados e os níveis de precisão para realização dos levantamentos cadastrais. Isto se deve ao fato de alguns

desses métodos serem de medições radiais, podendo levantar vários pontos em curto intervalo de tempo. Com isto houve a necessidade da atualização e criação de normas, bem como de diretrizes específicas para o Cadastro.

Mesmo com o avanço cada vez maior da Tecnologia GPS e especialmente dos métodos cinemáticos, que possibilitam medir inúmeros pontos em curto intervalo de tempo, nem sempre é possível levantar pontos apenas com esta Tecnologia, devido a eventuais obstruções que podem existir nos locais de interesse. Por isso, faz-se necessário o emprego de métodos de medições terrestres angulares e lineares com Estação Total, para determinação de pontos intervisíveis em áreas impossibilitadas de receber os sinais dos satélites GPS, áreas estas freqüentes em ambientes urbanos brasileiros.

No contexto desse trabalho serão abordados os métodos de posicionamento GPS estático e *stop and go* e os métodos de medição terrestres com Estação Total denominados da interseção a vante e irradiação triplo com aplicações voltadas para o Cadastro Urbano.

Os métodos de medição terrestres serão empregados em situações em que as condições de rastreamento do GPS se mostrarem críticas (perdas de sinais). Os campos de pontos que se caracterizarem com esta problemática serão solucionados pela observação de pontos excêntricos a eles. A partir deles serão empregados os métodos da interseção a vante no caso bidimensional. Uma região de estudo será escolhida no Campus da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Nesse sentido será implantado nesta área um conjunto de campo de pontos de referência, para o estudo dos métodos de medição e determinação do campo de pontos-objeto delimitadores de parcelas territoriais urbanas. Outro teste será realizado no Sítio Histórico de Olinda, estando definidos também um conjunto de campo de pontos de referência e um conjunto de campo de pontos-objeto, contidos em uma Quadra situada em frente à Rua Ladeira da Misericórdia, hora em desenvolvimento. Resultados entre os métodos de levantamento com GPS e métodos de medição terrestres com Estação Total serão confrontados e comparados.

2 ESTRUTURAS GEODÉSICAS DE GEORREFERENCIAMENTO PARA O CADASTRO DE PARCELAS TERRITORIAIS URBANAS

Este item cita as Normas vigentes no Brasil que enquadram à execução de levantamentos cadastrais, no que diz respeito ao posicionamento de parcelas territoriais urbanas, trazendo a relevância das estruturas geodésicas de georreferenciamento. Descreve, além disso, a interligação destas estruturas com a parcela territorial urbana, abordando a integração de levantamentos por GPS e/ou Sistemas de Medição à base de Teodolitos (Estação Total), assim como a transformação de coordenadas entre sistemas de referência distintos.

2.1 Normatização vigente no Brasil

Vários Países dispõe de Normas específicas para atividades que envolvem levantamentos cadastrais, estabelecendo métodos de levantamento e padrões de precisão aceitáveis para as mensurações relacionadas à definição de limites de parcelas territoriais urbanas. Ao contrário destes, no Brasil, ainda não existe uma Norma específica a esse fim, existindo apenas Normas que fixam condições exigíveis para execução de levantamentos topográficos (NBR 13.133/1994); implantação de Rede de Referência Cadastral (NBR 14.166/1998) e execução de levantamentos planimétricos e cadastrais de edificações (NBR 14.465-1). Todas estas Normas citadas são da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) e tratam de levantamento no geral.

A referência com relação ao levantamento de área (podendo considerar área urbana) é feito no Código Civil de 1916 (antigo Código Civil) e, o Novo Código Civil - Lei Nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002, manteve a mesma redação do antigo Código Civil de 1916, com relação à obrigatoriedade para legitimar as dimensões da unidade territorial em seu artigo 500 (Título V - das Várias Espécies de Contrato - Seção I - Disposições Gerais). Assim, permanece a redação do artigo 1136 do Código de 1916, sobre a precisão dos levantamentos. Desta forma, persiste em 1:20 ou percentual de 5%, a qualidade da precisão de dimensões e extensões exigidas na Legislação Brasileira com relação aos imóveis (Lei 3071,1916); (Lei 10.406, 2002) .

Baseados na percentagem estabelecida no Código Civil, vários trabalhos foram desenvolvidos, por exemplo, PARMA et al (2002) estudou a propagação de erro de pontos - limites de propriedade situado em uma área com dimensões de um módulo fiscal, ficando atendida a legislação vigente no Código Civil de uma tolerância de 5% para mais ou para menos nas determinações das áreas. Desta forma, diante das pesquisas realizadas em relação à tolerância posicional para pontos de limites, fica claro que o erro máximo aceitável em levantamento cadastral urbano, não pode ser superior a 10 cm para os limites de parcelas territoriais urbanas, em detrimento, para o cadastro rural esse valor não pode ser superior a 50 cm.

Os levantamentos geodésicos por posicionamento utilizando a Tecnologia GPS são enquadrados pelas especificações e resolução do IBGE: Especificações e Resolução PR-22, de 21 de Julho de 1983 e Especificações Preliminares GPS.

A Lei 10.257 criou o Estatuto das Cidades aprovada em 10 de junho de 2001, trata dos Instrumentos de Política Urbana, Plano Diretor e Gestão Democrática da Cidade. O Plano Diretor é um dos pontos mais importantes da Lei que estabelece sua obrigatoriedade para cidades com mais de 20 mil habitantes. Outros pontos significantes são: planejamento do desenvolvimento da cidade, ordenação e controle do uso do solo; integração e complementaridade entre as atividades urbanas e rurais; aborda a regularização fundiária e urbanização de áreas ocupadas por população

de baixa renda; versa a simplicidade da legislação de parcelamento, uso e ocupação do solo.

2.2 Redes geodésicas

Redes geodésicas e gravimétricas têm a finalidade de realizar um campo de pontos materializados com valores planimétricos, altimétricos e da gravidade (geopotenciais) precisos. Estes campos de pontos fixos configuram a referência para as determinações do posicionamento e das medições gravimétricas de abrangência global, regional e local. Redes Globais realizam o Sistema de Referência definido através da convenção internacional. Redes nacionais configuram a base para o levantamento territorial nacional ou continental, as mesmas são as bases para os Sistemas de Informações Geográficas como também das cartas topográficas e temáticas. Redes locais são implantadas principalmente para projetos de engenharia, investigações geofísicas entre outras e para a determinação de procedimentos geodinâmicos espacialmente limitados (TORGE, 2003).

De acordo com a distribuição destes pontos classifica-se no Brasil entre rede de primeira, segunda, terceira e quarta ordem. Os pontos de primeira ordem pertencem ao conjunto de pontos da rede de triangulação e estão espaçados de 30Km a 60Km. Os pontos da rede de segunda a quarta ordem densificam gradualmente os pontos da rede de primeira ordem. Os pontos da rede de segunda ordem são distribuídos com alcances de 10Km. Os pontos de rede de terceira e quarta ordem são distribuídos com alcances variando de 1Km a 2Km, sendo definidores de redes de caráter Municipais. Os pontos trigonométricos estão materializados no chão sobre a superfície terrestre ou sobre edificações, denominadas estes últimos de pontos elevados (altos).

A escolha de cada ponto Geodésico/Topográfico deve seguir os seguintes critérios: (a) abranger certa área; (b) obedecer ao princípio de vizinhança; (c) para sua determinação deverá satisfazer ao critério de medições abundantes; (d) possível ligação do ponto do chão ao ponto elevado ou perto de pontos terrestres visíveis; (e) possibilite a simples ligação entre medições.

Os pontos terrestres devem ser sem “perigo” de destruição, assegurados, visíveis e fáceis de serem achados. Os pontos elevados (altos) em regra devem ser representados e definidos através de um ponto alvo de uma parte apropriada da edificação ou materializados como uma marca sobre a edificação.

Este trabalho envolve uma combinação entre o sistema de medição à base da Tecnologia GPS e à base de uma Estação Total. Para isto a configuração dos pontos e a hierarquia das medições em redes otimizadas são de grande relevância.

O Conceito de otimização de redes está intimamente ligado à configuração de pontos e a hierarquia das medições em redes otimizadas. Conceitos básicos para o desenho (projeto) e otimização de redes (NIEMEIER, 2002).

A qualidade de uma rede é definida em geral através dos seguintes critérios: precisão, confiabilidade, sensibilidade e custo (GRAFAREND 1974; NIEMEIER 1985).

De acordo com a teoria geral das redes são consideradas quatro ordens de desenho (projeto) para o estabelecimento e otimização de específicas redes:

Desenho de ordem zero – as coordenadas dos pontos discretizadores da rede de referência (campo de pontos de referência) já existentes serão utilizadas para a definição de uma nova rede a ser implantada na área de estudo. O posicionamento e a orientação da rede tridimensional deverão obedecer as coordenadas horizontais (planimétricas) oficiais (no nosso caso do SGB – IBGE) e o sistema altimétrico da autoridade de levantamentos da cidade (neste caso também o SGB (IBGE)), sem distorcer a geometria da nova rede livre a ser implantada.

Desenho de primeira ordem – A condição mais importante para a configuração de uma rede é dada pelo objetivo a que ela se dispõe.

Para a rigidez de uma rede, ou seja, para atingir a requerida alta qualidade em termos de precisão e confiabilidade deverá ser considerada um número mínimo de estações (*settlement effect*).

Desenho de segunda ordem – diz respeito aos impedimentos de intervisibilidade, por exemplo, se só é possível existir pontos de natureza terrestre. A qualidade deverá ser comprovada a partir de uma simulação de ajustamento (pré-análise).

Desenho de terceira ordem – diz respeito à geometria básica do campo de pontos de referência, a qual é dependente do objeto de estudo. É considerada a densificação ótima para aquela situação de problema a ser investigado.

Redes geodésicas deixam-se ser classificadas a partir de diferentes pontos de vista. Considera-se inicialmente a forma da rede de acordo com a sua utilização como redes planimétricas para a Engenharia, então, têm-se as seguintes configurações (MOESER et al, 2000):

- Redes trigonométricas;
- redes ortogonais;
- Malhas triangulares e malhas triangulares locais;
- Poligonais e redes de poligonais;
- Redes polares e estação livre.

Por causa do desenvolvimento da técnica de medição geodésica principalmente os sistemas distanciométricos, estações totais e GPS a subdivisão original tem redes de direção, redes de distâncias e redes combinadas, assim como redes angulares e lineares são ainda interessantes para aplicações especiais de monitoramento de obras de construção (comprovação de mudanças angulares e lineares). A diferença acontece muito mais a partir dos sistemas computacionais (programas), onde são oferecidos ajustamento de redes uni, bi e tridimensionais. Os tipos de observações deixam-se serem combinados (MOESER et al, 2000).

Neste trabalho as redes geodésicas serão denominadas de estruturas geodésicas georreferenciadoras de parcelas territoriais urbanas.

Uma estrutura geodésica constitui-se em uma malha de vértices, materializados no terreno, conectados entre si através de observações (SANTOS, 1999). Esta estrutura geodésica representa um campo de pontos que poderá ser de referência ou de objetos (FERREIRA et al, 2004).

2.3 Estruturas Geodésicas para o cadastro urbano

A estrutura geodésica para o cadastro urbano advém de várias técnicas e metodologias de implantação de redes de pontos de referência para diversas finalidades. Estas estruturas são geograficamente bem distribuídas, destinadas neste trabalho ao posicionamento bidimensional. O estabelecimento e densificação das mesmas para o Cadastro Urbano justificam-se pelo posicionamento geodésico, de forma precisa e exata de parcelas territoriais situadas sobre a superfície terrestre e pela necessidade da elaboração de plantas topográficas cadastrais, para fins de planejamento, gerenciamento territorial e tributação.

2.3.1 Campo de pontos de referência

A definição de um campo de pontos de referência faz-se necessário para determinação posicional de um objeto de estudo. Um campo de pontos de referência conforme BOTELHO (2003) pode ser uni, bi ou tridimensional, sendo aqui dado ênfase apenas ao caso bidimensional no posicionamento de parcelas territorial urbana. Dependendo da superfície de referência adotada BOTELHO (2003) afirma que seja ela o elipsóide de revolução ou um plano topográfico, o campo de pontos pode ser denominado de pontos geodésicos ou rede geodésica quando a curvatura terrestre é considerada, e campo de pontos topográficos ou rede topográfica considerando a terra como se fosse plana.

Cabe salientar que em levantamentos cadastrais de parcelas territoriais para o georreferenciamento de seus limites, estes poderão ser referenciados tanto ao campo de pontos geodésicos quanto ao campo de pontos topográficos com características locais que podem ser agrupados a dois tipos de campo de pontos, a saber: o campo de pontos de referência e campo de pontos objetos. Assim, neste trabalho faz-se necessário a caracterização e definição dos mesmos no contexto de levantamentos cadastrais. Esses tipos de campo de pontos também são tratados no posicionamento geodésico e medição de deformação de objetos por Ferreira et al (2004).

2.3.1.1 Campo de pontos de referência

Tratando-se do campo de pontos de referência, o mesmo, é formado por um conjunto de pontos materializado na superfície terrestre com valores posicionais conhecidos, intencionalmente preparados para

a definição do sistema de referência de medição estável. As coordenadas devem ser determinadas de forma a atender as especificações do IBGE (1998) e normas vigentes da ABNT: 13.133/1994 14.166/1998 e 14.645/2001 para execução de levantamentos geodésicos e topográficos, tratadas em no item 2.1.

O campo de pontos de referência fica evidenciado por no mínimo dois vértices materializado fora da parcela objeto de estudo, situados em locais que ofereçam seguridade (BOTELHO, 2003).

O levantamento de limites de parcelas territoriais urbanas requer que os mesmos sejam georreferenciados a um campo de pontos de referência, distribuído em torno da quadra cadastral. Esse campo de pontos obrigatoriamente deve ser conectado a vértices das redes geodésicas de referência que compõem o Sistema Geodésico Brasileiro. O campo de pontos de referência ou rede geodésica deve ser medida, calculada e ajustada formando figuras quadrangulares. Os pontos adicionais de referência podem ser observados por métodos terrestres de medição angular e linear, por exemplo, Poligonação, Intercessão, irradiação e por outros métodos semelhantes.

Para o posicionamento geodésico de parcelas territoriais urbanas, o campo de pontos de referência pode ser materializado por pinos ligados à superfície, pinos cravados a diferentes profundidades da superfície, entre outros. Geralmente os pinos são cravados no meio fio de paralelepípedo da quadra cadastral, concretizando desta forma os pontos de referência.

2.3.1.2 Campo de Pontos-Objeto

O campo de pontos-objeto é definido por Botelho (2003) como “um conjunto de pontos que são levantados no terreno e utilizados para representação de todos os detalhes necessários a serem representados”. Nesta pesquisa a designação de campo de pontos-objeto é dada aos pontos de limites a serem determinados posicionalmente. Estes devem ter suas coordenadas referenciadas ao sistema definido pelo campo de pontos de referência. Para Ferreira et al (2004) o campo de pontos-objeto, tem a finalidade de descrever o objeto, de modo que o mesmo possa ser abstraído da melhor maneira possível. O campo de pontos-objeto pode também ser materializado por pinos cravados a diferentes profundidades da superfície.

A Figura 1 representa um campo de pontos-objeto que é monitorado a partir do campo de pontos de referência. Na mesma Figura representa-se o sistema de referência de medição calculado a partir dos pontos de referência (FERREIRA et al, 2004).

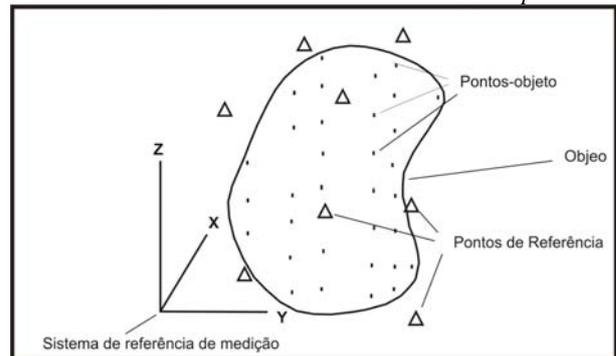


Figura 1 - Representação do Sistema de Referência de Medição a partir dos pontos de referência. Fonte: FERREIRA et al,(2004).

Os critérios de precisão, aceite para o campo de pontos-objeto devem ser especificados neste trabalho, e a propagação do erro é estudada a partir do campo de pontos de referência. Aqui, as coordenadas do campo de pontos de referência são tomadas como verdadeiras, com suas inexactidões desprezadas.

2.3.2 Implantação de Estruturas Geodésicas de Georreferenciamento

O campo de pontos planimétricos de referência cadastral é base para o levantamento de parcelas territoriais urbanas. Sua definição segundo um sistema de referência é necessária, a fim de poderem ser definidos campos de pontos de referência e pontos-objetos interligados entre si. A materialização desses pontos deve ser realizada em lugares seguros e visíveis, de forma a evitar a degradação e dificuldade de localização dos mesmos.

A escolha dos locais de construção das estruturas geodésicas deve obedecer a critérios de distâncias entre os marcos mantendo uma proporcionalidade de no mínimo um quarto entre a maior e a menor distância dos lados do quadrilátero, como também, a intervisibilidade entre os mesmos, principalmente se o campo de pontos de referência é utilizado para levantamentos à base de Estação Total (BONIFÁCIO et al, 2007).

Uma Rede de Referência Geodésica Horizontal é concretizada por meio de medições: de ângulos, direções, distâncias, e por dados obtidos por técnicas espaciais, tais como o Sistema de Posicionamento Global. O projeto de uma rede está vinculado à precisão das posições obtidas mediante medições realizadas (SANTOS JUNIOR, 2005).

A divisão entre a planimetria e altimetria, assim como a definição da Rede Geodésica Horizontal e Rede Geodésica Vertical, está intimamente relacionada aos Sistemas de Medição utilizados. Com o advento do GPS as coordenadas de pontos sobre a superfície terrestre passaram a ser determinadas tridimensionalmente, definindo assim, redes geodésicas tridimensionais. Por questões culturais a terminologia e definição horizontal e vertical persistem como visto no parágrafo acima, mas o advento de novas Tecnologias, sensores e métodos de

medição, contribuirão para o entendimento da definição tridimensional de um objeto qualquer.

Os novos registros de terras devido ao crescente desenvolvimento de áreas densamente ocupadas passaram a exigir maiores precisões para redes horizontais, principalmente com os avanços dos medidores eletrônicos de distâncias e técnicas de controle de dados. Os critérios básicos que devem ser atendidos na densificação de uma rede geodésica horizontal conforme (KAHMEN & FAIG, 1988) são:

- A homogeneidade e alta exatidão são alcançadas se as medidas são uniformemente distribuídas sobre o horizonte, e se um método adequado for usado;
- A precisão entre pontos vizinhos deve ser mantida, principalmente quando são medidas direções;
- Uma alta confiabilidade é alcançada, quando são feitas observações adicionais e quando são medidas direções e distâncias de um ponto a partir de pontos vizinhos.

A confiabilidade fornece uma indicação de como os resultados são influenciados por erros sistemático e randômico (KAHMEN & FAIG, 1988).

A partir de medições geodésicas realizadas nos pontos da rede e após o seu estabelecimento é executado o ajustamento pelo Método dos Mínimos Quadrados (TEXEIRA e FERREIRA, 2003). Quando se deseja obter informações sobre qualidade de um levantamento, o mesmo deve ser ajustado, portanto, deve-se dispor de redundância observacional (MONICO et al, 2003).

A execução da análise da qualidade da rede, para identificar possíveis erros embutidos na mesma, aplicando testes estatísticos, é extremamente necessária. Dessa forma, a aplicação do teste global, conhecido também como teste Qui-Quadrado, objetiva verificar a compatibilidade das observações com o modelo matemático (funcional) e estocástico adotado, indicando a qualidade do ajustamento. Quando erros são identificados, surgem questionamentos com relação ao trabalho realizado e como solucionar esses erros (SANTOS JUNIOR, 2005). O controle de qualidade dos levantamentos realizados neste trabalho foi realizado aplicando o teste Qui-Quadrado a um nível de confiança de 95% (ver capítulo 4).

A seguridade com relação ao posicionamento preciso da parcela é somente proporcionada se os levantamentos cadastrais das mesmas forem georreferenciados a um campo de pontos que integre uma rede geodésica com precisões condizentes as especificações pré-estabelecidas por Normas discutidas no item 2.1.

2.3.3 Interligação do sistema de referência da estrutura geodésica de georreferenciamento com a parcela territorial urbana

A interligação dos pontos de limites ao sistema de referência com critérios e precisões estabelecidas, deve ser feita de preferência por métodos do Sistema de Posicionamento por Satélites e reduzidas ao elipsóide, de forma a atender as necessidades do apoio geodésico do trabalho.

Para BONIFÁCIO et al (2007) se tratando de transporte de coordenadas por método topográfico convencional, é indispensável à utilização de dois vértices distintos das redes de referências geodésicas integrantes do sistema de referência. No Brasil, a interligação dos pontos de limites da parcela territorial urbana com as redes de referência planimétrica integrante do Sistema Geodésico de Referência ocorre por meio de:

- redes geodésicas estaduais estabelecidas a partir do rastreamento de sinais de satélites de posicionamento e homologadas pelo IBGE;
- vértices da rede brasileira fundamental de 1ª ordem, desde que os mesmos tenham sido reocupados com rastreadores de sinais do GPS, e suas novas coordenadas homologadas pelo IBGE;
- estações ativas receptoras de sinais de satélites do GPS, da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – RBMC/IBGE;
- estações ativas receptoras de sinais de satélites do GPS, da Rede INCRA de Bases Comunitárias do GPS – RIBaC, quando homologadas;
- estações ativas receptoras de sinais de satélites do GPS, pertencentes a outros órgãos públicos ou empresas privadas, desde que homologadas pelo IBGE;

Desta forma, a conexão da parcela urbana com o sistema de referência através de redes geodésicas permite garantir uma possível homogeneidade de resultados nas medições geodésicas cadastrais proporcionando a determinação mais provável do valor das coordenadas que definem seus limites. Como consequência a geometria da parcela é garantida, evitando sobreposição de limites de parcelas urbanas, além de permitir interligação entre a parcela levantada com as parcelas vizinhas.

A conexão entre um sistema e outro será realizada a partir dos parâmetros de transformação. Os pontos delimitados e demarcados do imóvel passam a ser definidos a partir da realização das redes geodésicas e estruturas geodésicas de georreferenciamento, esta última como definidas no item 2.3.1, por meio de campos de pontos de referência.

Existem dois métodos propostos por SCHÖDLBAUER (1993) apud KAHMEN (2005) para a transformação em rede quando são empregadas as técnicas de posicionamento por satélite: a Transformação de um Sistema de Referência Global em um Sistema de Referência Local, onde o fator de escala da rede de

origem é preservado e a Transformação de um Sistema de Referência Global em um Sistema de Referência Local, onde as alturas não são levadas em consideração.

A interligação entre os diferentes campos de pontos, dos seus correspondentes sistemas de coordenadas, será realizada na prática através do sistema de referência de medição. Neste contexto, tornam-se imprescindíveis as transformações entre os diferentes sistemas de coordenadas, envolvidos na região de estudo (DE SEIXAS e BURITY, 2005).

Normalmente as redes determinadas por meio do posicionamento por satélite podem ser empregadas para densificar as redes implantadas para as medições terrestres, para que estas possam servir às Medições Aplicadas à Engenharia, ao Cadastro, à Topografia e aos Sistemas de Informações Geográficas.

Fundamentalmente, tem-se a transformação das coordenadas determinadas no sistema dos satélites e nas coordenadas dos pontos pertencentes às medições terrestres.

Uma das transformações mais usual é a transformação de similaridade, sendo a mais propícia para o caso deste trabalho, levando-se em consideração que os campos de pontos de referência e pontos de limites são medidos por GPS e métodos topográficos, portanto, contém resíduos. Esta transformação no modelo plano conforme KAHMEN & FAIG (1988), expressa a relação entre dois sistemas de coordenadas. Esta transformação requer no mínimo dois pontos de controle identificáveis e bem distribuídos comuns em ambos os sistemas. Nas situações onde são disponibilizados mais de dois pontos de controle um ajustamento pelo método dos mínimos quadrados é possível (WOLF et GHILANI 1996).

3 MÉTODOS DE LEVANTAMENTO COM O EMPREGO DE ESTAÇÃO TOTAL E GPS

Historicamente os métodos terrestres de medição sempre foram aplicados a levantamentos cadastrais por serem métodos tradicionais e capazes de fornecer medidas com precisão considerável, mas apresentam algumas limitações quanto aos demorados procedimentos de aquisição de dados no campo (SOUZA, 2001). Essas limitações foram reduzidas devido ao uso de novos equipamentos e *softwares* que tornaram a coleta de dados praticamente automatizada. Por outro lado, mesmo aplicando os métodos GPS quase sempre é necessário integrá-los aos métodos terrestres de medição, por exemplo, os métodos da poligonização e interseção a vante. Neste trabalho será tratado o método da interseção a vante no caso bidimensional.

3.1 Interseção a vante

No método de Interseção a Vante as coordenadas do ponto N são obtidas a partir de pontos de coordenadas conhecidas. Isso é possível quando se têm os ângulos dos pontos A e B como mostra a Figura 2 (KAHMEN, 2005).

Para haver um ajustamento pelo Método dos Mínimos Quadrados é necessária a realização de medições superabundantes. Na Figura 2 isto é tratado com o acréscimo do ponto C e dos ângulos α_1 e β_1 .

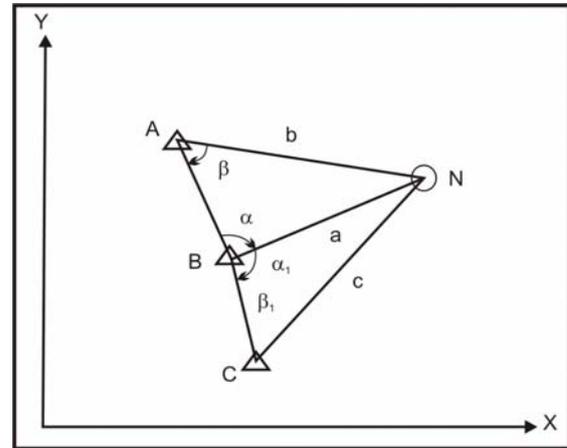


Figura 2 - Exemplo de interseção a vante.

As coordenadas aproximadas X_0 e Y_0 do ponto N representado na Figura 2 são calculadas conforme as equações (1) e (2) (HÄBLER et al, 1984):

$$X_0 = \frac{X_2 \cdot \tan \beta + X_1 \cdot \tan \alpha - \Delta X \cdot \tan \alpha \cdot \tan \beta}{\tan \alpha + \tan \beta} \quad (1)$$

$$Y_0 = \frac{Y_2 \cdot \tan \beta + Y_1 \cdot \tan \alpha + \Delta Y \cdot \tan \alpha \cdot \tan \beta}{\tan \alpha + \tan \beta} \quad (2)$$

Onde,

X_0 e Y_0 são as coordenadas aproximadas do ponto N;

α e β são os ângulos internos e;

Δx e Δy são as diferenças de coordenada dos pontos de referência.

3.2 Método de posicionamento relativo estático GPS

Para o posicionamento este método fornece a maior precisão atingível e requer um tempo de observação de longa duração (USDA e USDI, 2003), sendo procedida da seguinte forma: dois ou mais receptores rastreiam simultaneamente, os satélites visíveis, permanecendo estáticos durante a realização da medição. O tempo de observação depende do tipo de receptor (uma frequência ou duas frequências), da característica do *software* para o pós-processamento e do comprimento da linha de base (LEICK, 1995). Para maior esclarecimento consultar literaturas de Seeber (2003) e Monico (2000).

4. PRINCÍPIO DA VIZINHANÇA NAS MEDIÇÕES GEODÉSICAS

A NBR 13.133, que orienta a execução de levantamento topográfico, em seus itens; 3.35, p.4, que trata do princípio de vizinhança: “Regra Básica da

Geodésia Aplicada à Topografia. Esta regra retrata que cada ponto novo deve ser determinado, para que haja uma otimização da distribuição dos erros. A hierarquização é importante em termos de exatidão dos pontos nos levantamentos topográficos, não importando o grau de precisão desta determinação”, porque cada ponto novo determinado tem exatidão inferior ao que serviu de referência para sua determinação, e o item 5.2, p.7, diz que: “o levantamento topográfico, em qualquer de suas finalidades, deve obedecer ao princípio de vizinhança”.

4.1 Princípio da vizinhança no levantamento cadastral

Para atender ao Princípio de Vizinhança o levantamento cadastral deve ser conduzido considerando que as medições cadastrais sejam realizadas com observações independentes, ou seja, cada ponto de limite da parcela deve ser medido, pelo menos por duas formas distintas, outro fato importante para garantir este Princípio é o ajustamento conjunto dos pontos da rede de referência e os pontos definidores do limite de parcelas territoriais. Esse ajustamento conjunto é necessário para garantir a homogeneidade dos resultados do levantamento (BRANDÃO, 2003).

A homogeneidade do levantamento cadastral consiste em incorporar os conceitos de precisão posicional e Vizinhança de modo que compatibilize os levantamentos de imóveis adjacentes, de forma que amarre e ajuste entre si esses levantamentos, com relação ao Sistema de Referência Oficial. As medições cadastrais devem ter precisões especificadas e os resultados devem ser obtidos por ajustamento utilizando o Método dos Mínimos Quadrados.

O ajustamento levará as observações a uma única solução quando estima um valor único para cada um dos parâmetros, a partir da aplicação de modelos matemáticos adequados e o Método dos Mínimos Quadrados, mostrando a eventual correlação entre a precisão desses parâmetros estimados (GEMAEL, 1994).

As principais vantagens conforme BRANDÃO (2003) resultantes da aplicação do Princípio de Vizinhança nas medições cadastrais são:

- garante a homogeneidade do levantamento;
- proporciona maior confiança na característica geodésica da parcela territorial, deixando a precisão posicional mais próxima da tolerância pré-definida;
- possibilita a consistência do levantamento cadastral;
- permite um aperfeiçoamento no cálculo das áreas da parcelas, por intermédio da determinação de um indicador estatístico da qualidade da área, encontrado a partir da propagação dos erros decorrentes da qualidade posicional dos pontos de limites e da configuração geométrica da parcela;
- possibilita um aperfeiçoamento no processo de re-locação de limites.

O levantamento cadastral com base no Princípio de Vizinhança é executado a partir de um conjunto de pontos materializados no terreno, com suas posições referenciadas a um sistema geodésico de referência.

4.2 Propagação dos Erros nas Observações Geodésicas Cadastrais

Nas observações conduzidas pelo Homem, um fator inevitável é a presença de erros nas medições. O erro é definido por WOLF & GHILANI (2006) como a diferença entre o valor observado e o valor verdadeiro e são de caráter grosseiros, sistemáticos e acidentais.

Nas medições geodésicas cadastrais, erros não tratados ou tratados indevidamente na densificação do campo de pontos de referência, ao levantamento de limites de parcelas territoriais se propagam sobre estes limites, afetando a qualidade das medições e conseqüentemente prejudicando o cálculo da área da parcela. Outro cuidado deve ser tomado na integração de levantamento, ou seja, quando as coordenadas dos pontos de referência obtidos com GPS são utilizadas como saída para levantamento à base de Estação Total. Se as observações executadas com estação total não forem criteriosamente tratadas por modelos matemáticos, mesmo dispondo de um campo de pontos de referência de ótima qualidade, erros serão propagados aos pontos de limites e conseqüentemente terá uma dispersão de valores no cálculo das áreas das parcelas.

Um dos fatores fundamentais na fase de implantação de um campo de ponto de referência é o planejamento do projeto, considerando que os limites das parcelas contêm características geométricas próprias para cada situação. Esses pontos devem ser adequados e apresentarem ótima distribuição geométrica considerando a propagação do erro no cálculo das coordenadas dos pontos de interesse (GALDINO, 2006). Porém, esta distribuição geométrica equitativa nem sempre é atingida em áreas urbanas, ficando a dispor do índice de obstruções na área de interesse.

As coordenadas de um ponto geralmente são grandezas adquiridas indiretamente por meio de outras, como por exemplo, obtenção de coordenadas cartesianas a partir de observações de ângulo e distância. Em se tratando de grandezas obtidas indiretamente, deve ser observado como as variâncias dos pontos de partida se propagam sobre os valores observados (WITTE & SHIMIDT, 1995 in PARMA et al 2002), caracterizando assim, a lei de propagação das covariâncias também conhecida como lei da propagação dos erros. O procedimento do cálculo da propagação dos erros em levantamentos de limites de parcelas territoriais urbanas é mostrado por (GALDINO, 2006).

A propagação de erro não se restringe somente aos pontos de referência e limites de parcelas territoriais urbanas, outras influências estão presentes na distância entre pontos definidores do alinhamento dos limites, nos azimutes de alinhamento, e ângulos que definem dois alinhamentos adjacentes de um ponto. A influência da

propagação de erro nestas situações se torna conhecida utilizando o desenvolvimento em série de TAYLOR empregado nos pontos de referência e limites de parcelas urbanas. Assim, a propagação do erro para distância D_{ji} entre dois pontos I e J , pode ser calculada através da equação de distância, para azimute de uma direção entre dois pontos I e J através da equação de azimute.

A precisão das medidas reflete nos erros aleatórios ocorridos no processo de medição e, que o erro sistemático provém de qualquer fonte e poderá levar segundo GALDINO (2006) a um valor inexato para a parcela territorial medida, embora a precisão do conjunto de medidas possa atender a um critério de precisão estabelecida, mas isso não garante a precisão posicional (confiança estatística) do levantamento, sendo esta, determinada por procedimentos de medições que assegurem redundância observacionais e medidas de controle. Esta redundância deve ser considerada também para os pontos de limites da parcela territorial urbana dos erros presentes nas observações.

A existência de redundância é adquirida observando o alvo mais que o necessário conforme FONTES (1994) permite:

- detectar erros grosseiros através da confirmação dos valores medidos;
- fazer uma avaliação mais precisa das quantidades desejadas, através da execução de um ajustamento; e
- estimar a ordem de grandeza da precisão obtida para os valores ajustados.

Para um determinado modelo e um determinado conjunto de dados, o ajustamento pelo Método dos Mínimos Quadrados resolve o problema da superabundância de observações, extraindo um resultado único que representa com maior confiança a grandeza medida e os parâmetros estimados (DALMOLIN, 2002).

No ajustamento das medições cadastrais, a precisão posicional dos pontos é adquirida a partir da matriz Variância Co-Variância (MVC) dos parâmetros ajustados (\sum_{xa}) considerando uma determinada probabilidade ou nível de confiança.

A matriz MVC (\sum_{xa}) dos parâmetros ajustados é do tipo:

$$\sum_{xa} = \begin{pmatrix} \sigma^2_{x_1} & \sigma_{x_1y_1} & \sigma_{x_1x_2} & \sigma_{x_1y_2} & \dots & \sigma_{x_1x_n} & \sigma_{x_1y_n} \\ \sigma_{x_1y_1} & \sigma^2_{y_1} & \sigma_{y_1x_2} & \sigma_{y_1y_2} & \dots & \sigma_{y_1x_n} & \sigma_{y_1y_n} \\ \sigma_{x_1x_2} & \sigma_{y_1x_2} & \sigma^2_{x_2} & \sigma_{x_2y_2} & \dots & \sigma_{x_2x_n} & \sigma_{x_2y_n} \\ \sigma_{x_1y_2} & \sigma_{y_1y_2} & \sigma_{x_2y_2} & \sigma^2_{y_2} & \dots & \sigma_{y_2x_n} & \sigma_{y_2y_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sigma_{x_1x_n} & \sigma_{y_1x_n} & \sigma_{x_2x_n} & \sigma_{y_2x_n} & \dots & \sigma^2_{x_n} & \sigma_{x_ny_n} \\ \sigma_{x_1y_n} & \sigma_{y_1y_n} & \sigma_{x_2y_n} & \sigma_{y_2y_n} & \dots & \sigma_{x_ny_n} & \sigma^2_{y_n} \end{pmatrix} \quad (3)$$

$\sigma^2_{x_1}$: variância da coordenada X de um ponto I

$\sigma^2_{y_1}$: variância da coordenada y de um ponto J

$\sigma_{x_1y_1}, \sigma_{x_1y_2}, \sigma_{x_2y_2}, \sigma_{x_1x_2}, \sigma_{y_1y_2}$: Covariâncias.

Neste trabalho o método de ajustamento adotado para as medições cadastrais será o paramétrico que utiliza o princípio dos Mínimos Quadrados que se processa quando é desejável estimar grandezas que se vinculam às observações às quais são denominadas parâmetros. Informações sobre este método são encontradas em Dalmolin (2002) e Gemael(1994) e Wolf e Ghilani (1996).

A seguir são apresentados os experimentos realizados na área teste do Campus da UFPE. Ressalta se que a mesma metodologia está sendo empregada em uma área teste do Sítio Histórico de Olinda (GAMA et al, 2008).

5 EXPERIMENTOS METODOLÓGICOS

Nesta seção apresenta-se a metodologia utilizada para os experimentos voltados para o levantamento cadastral de limites de parcelas territoriais urbanas. As análises concernem na avaliação do desempenho de estruturas geodésicas de georreferenciamento implantadas com métodos: do GPS e Terrestres de Medição. Assim, os experimentos foram determinados em duas áreas distintas, a saber: no Campus da UFPE e no Sítio Histórico de Olinda ainda em fase de processamento. Ambas as áreas foram contempladas com um conjunto de campo de pontos de referência e um conjunto de campo de pontos-objeto. Aqui o campo de pontos de referência serviu para georreferenciar o campo de pontos-objeto ao SGB. Cabe salientar que neste trabalho o campo de pontos-objeto é composto pelos vértices de limites de parcelas territoriais urbanas.

A área teste 1 é uma quadra não edificada, a presença de construções é visível e presente apenas nas imediações, enquanto que a área teste 2 é composta por uma quadra edifica. Desta forma a presença de construções é um fator desfavorável ao emprego do GPS.

A seguir é apresentada a metodologia de implantação de estruturas geodésicas de georreferenciamento e definição do conjunto de campo de pontos-objeto para o posicionamento de limites de parcelas territoriais urbanas (GAMA et al, 2008):

- Escolha dos pontos passivos e ativos da rede geodésica brasileira de primeira ordem para o transporte de coordenadas;
- Levantamento e transporte de coordenadas para a área (implantação da estrutura geodésica densificada);
- Processamento e ajustamento da estrutura geodésica densificada, definidora de uma rede local de referência;
- Levantamento dos pontos-objeto e transporte de coordenadas da estrutura geodésica de georreferenciamento para os pontos-objeto.

5.1 Implantação de estruturas geodésicas no Campus UFPE

O levantamento realizado no Campus da UFPE comporta uma Quadra “non aedificandi”, localizada nas proximidades do prédio da Biblioteca Central e do Centro de Convenções e contempla um conjunto de campo de pontos de referência geodésicos e topográficos, e um campo de pontos-objeto.

A Figura 3 apresenta a localização geométrica do campo de pontos de referência geodésicos/topográficos distribuídos em torno da Quadra. O campo de pontos-objeto são os pontos dos vértices do letreiro UFPE.



Figura 3 – Localização do Campo de Pontos de referência.

O campo de pontos de referência teve suas coordenadas geodésicas determinadas por GPS e por medições terrestres angulares e lineares com Estação Total, enquanto que o campo de pontos-objeto foi posicionado apenas por medições terrestres.

5.1.1 Levantamento do campo de pontos de referência por GPS

O campo de pontos de referência observado por GPS nesta pesquisa é composto pelos vértices P1, P2, P3, P4 e EC04 constituídos por pinos metálicos cravados no meio fio de paralelepípedos. Suas posições foram determinadas a partir dos pontos UFPE e RECF aplicando o método de posicionamento relativo estático e método de posicionamento relativo *Stop and Go*.

5.1.1.1 Método de posicionamento relativo estático

As campanhas GPS foram realizadas nos dias 21 de dezembro de 2007 ocupando a estação de referência UFPE; e 28 de janeiro de 2008, considerando as estações de referência RECF e EPS03. No dia 21 de dezembro de 2007 almejava-se o rastreamento simultâneo entre as estações de referência RECF e UFPE, mas os dados da Estação RECF não foram disponibilizados pelo IBGE. A estação de referência UFPE integra a rede GPS clássica do SGB; a estação RECF pertence à rede GPS brasileira ativa: (RBMC); e por fim, a estação EPS03 da futura Rede de Referência Cadastral da UFPE ora em desenvolvimento,

tendo a posição da estação EPS03 0 determinada, durante esta pesquisa, a partir da estação RECF com 4 (quatro horas de rastreamento). A mesma foi determinada aplicando o método de posicionamento relativo estático adotando os seguintes requisitos: máscara de elevação de 15 ° e taxa de gravação de dados de 15 s, com as antenas dos receptores aproximadamente orientadas para o norte geográfico e suas alturas medidas no início e fim das observações.

As observações GPS do campo de pontos de referência foram conduzidas utilizando receptores geodésicos L1/L2: 2 receptores 4000SST da TRIMBLE e 2 receptores da marca Rascal. Os requisitos adotados para as campanhas GPS foram: máscara de elevação de 15°, taxa de gravação de 15 s para a coleta dos dados e tempo de ocupação para as linhas de base de 45 minutos.

As antenas dos receptores foram aproximadamente orientadas para o norte geográfico, para minimizar erro de orientação e as alturas das antenas foram medidas no início e no fim de cada ponto observado. A Figura 4 mostra o rastreamento por GPS no vértice P2, integrante do campo de pontos de referência (Figura?).



Figura 4 – Vértice P2 integrante do campo de pontos de referência.

O processamento e ajustamento dos dados GPS, foram conduzidos em dois *softwares* comerciais: GrafNet e TGO, devido à praticidade de manipulação dos mesmos e também para fins comparativos entre as coordenadas planas retangulares UTM obtidas aplicando o método de posicionamento estático nos *softwares* supra citados.

A aplicação desses *softwares* é justificada para fins comparativos entre as coordenadas da estação de referência RECF definidas pelo IBGE através da aplicação do *software* BERNESE. Além disso a disponibilização de um *software* científico para os usuários do GPS ainda é restrito. Para desenvolvimento desta pesquisa não foi disponibilizado um *software* científico.

Tratando-se do processamento todos os dados GPS foram convertidos para o formato RINEX em acordo com a literatura de MONICO (2000), que recomenda transformar os dados para este formato, quando se dispõe de dados coletados com diferentes marcas de receptores GPS. Neste sentido, foi observado especificamente para o

software TGO, que os dados coletados nos receptores da TRIMBLE, quando importados no formato original (data) permite melhor fixação das linhas de base. Por este motivo, adotou-se o formato original dos dados (data).

Na fase de processamento todas as linhas de base foram solucionadas com a fase da portadora L1 e obtiveram solução fixo.

Os resultados obtidos do levantamento cadastral do campo de pontos de referência nos software GrafNet e TGO foram às coordenadas geodésicas ajustadas referenciadas ao Sistema Geodésico de Referência SIRGAS 2000 (IBGE, 2005). Estas posteriormente, foram transformadas em planas retangulares UTM no mesmo sistema de referência. As coordenadas do campo de pontos de referência foram obtidas adotando quatro estratégias de processamento e ajustamento, a seguir:

- Processamento e ajustamento adotando as estações de referência RECF e EPS03 com processamento simultâneo;
- Processamento considerando somente a estação de referência RECF;
- Processamento considerando somente a estação de referência UFPE;
- Processamento considerando somente a estação de referência EPS03.

Com essas estratégias de processamento, visa-se analisar as discrepâncias entre as coordenadas planas retangulares UTM adotando duas estações de referência com processamento simultâneo e com estações de referência individuais. Dessa forma uma confrontação entre os resultados é possível, proporcionando assim, uma maior confiabilidade na definição posicional do campo de pontos de referência.

a) Processamento e ajustamento adotando as estações de referência RECF e EPS03 com processamento simultâneo

A distribuição geométrica das linhas de base que interligam os pontos de referência providas desta estratégia de processamento e ajustamento nos softwares GrafNet e TGO são mostradas nas Figuras 5 e 6.

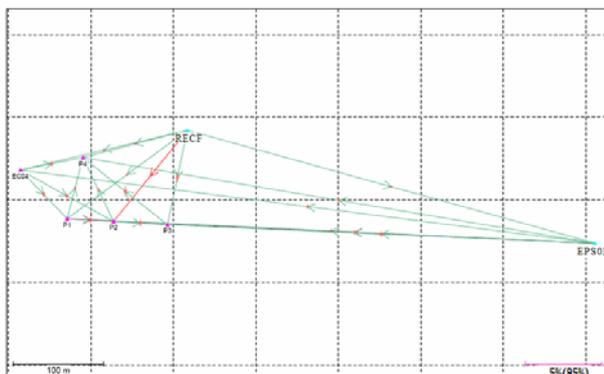


Figura 5 – Distribuição geométrica dos vetores Linhas de base. Fonte: Programa GrafNet.

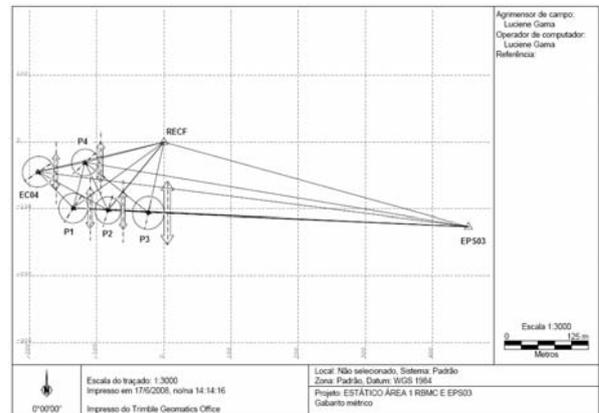


Figura 6 – Distribuição geométrica das Linhas de base observadas. Fonte: Programa TGO.

Nas elipses de erro tridimensional do campo de pontos de referência, mostradas graficamente na Figura 6, cada traço nos eixos das elipses representa um valor de 0,001 m a um nível de confiança de 95%. As setas representam à escala altimétrica.. Essas mesmas considerações serão feitas para os demais processamentos apresentados a seguir,

Os valores posicionais das coordenadas planas retangulares UTM providas dos softwares anteriormente citados com seus respectivos desvios padrões estão contidos na Tabelas 1.

Tabela 1 – Coordenadas Planas retangulares UTM em SIRGAS 2000. Estação de Referência RECF e EPS03. Fonte softwares Grafnet e TGO.

SOFTWARE GRAFNET						
PONTO	COORDENADAS UTM			H. ELIPSOIDAL		
	E(m)	σ_e (m)	N(m)	σ_n (m)	h (m)	σ_h
EC04	284744,025	0,003	9109509,514	0,003	3,395	0,005
P1	284796,53	0,003	9109455,488	0,003	3,275	0,005
P2	284848,165	0,003	9109452,607	0,003	3,091	0,005
P3	284908,291	0,003	9109449,146	0,003	3,042	0,008
P4	284813,765	0,003	9109523,846	0,003	3,227	0,005
SOFTWARE TGO						
PONTO	COORDENADAS UTM			H. ELIPSOIDAL		
	E(m)	σ_e (m)	N(m)	σ_n (m)	h (m)	σ_h
EC04	284744,030	0,003	9109509,500	0,002	3,524	0,008
P1	284796,530	0,002	9109455,500	0,002	3,353	0,002
P2	284848,160	0,003	9109452,600	0,002	3,218	0,006
P3	284908,290	0,003	9109449,100	0,003	3,107	0,012
P4	284813,770	0,002	9109523,800	0,002	3,360	0,004

Considerando a Tabela 1 foram calculadas as diferenças de coordenadas planas retangulares UTM geradas a partir da aplicação do método de posicionamento estático, processadas e ajustadas nos

softwares GrafNet e TGO cujos resultados são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2 – Discrepância entre as coordenadas nos software TGO e GrafNet.

PONTO	$\Delta E(m)$	$\Delta N(m)$	RESULTANTE PLANIMÉTRICA(m)
EC04	0,000	0,000	0,000
P1	0,003	0,001	0,003
P2	0,001	0,001	0,001
P3	0,001	0,001	0,001
P4	0,000	0,000	0,000

Analisando a Tabela 2 as discrepâncias das coordenadas planas UTM do campo de pontos de referência provenientes da aplicação do método de posicionamento estático processado e ajustado nos softwares comerciais TGO e Grafnet, nota-se que os valores das discrepâncias nas coordenadas planas retangulares e resultantes planimétricas são inferiores a 3 mm. Os maiores valores são encontrados para o ponto P1.

b) processamento considerando somente a estação de referência RECF

Da mesma forma do experimento anterior, as linhas de base processadas e ajustadas nos softwares GrafNet e TGO são mostradas na Figura 7 e 8.

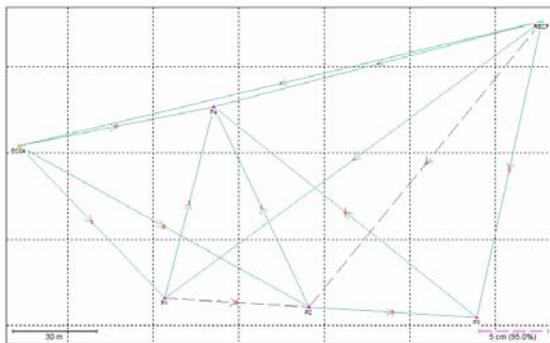


Figura 7 - Distribuição geométrica das Linhas de base observadas considerando a estação de referência RECF. Fonte: Programa GrafNet.

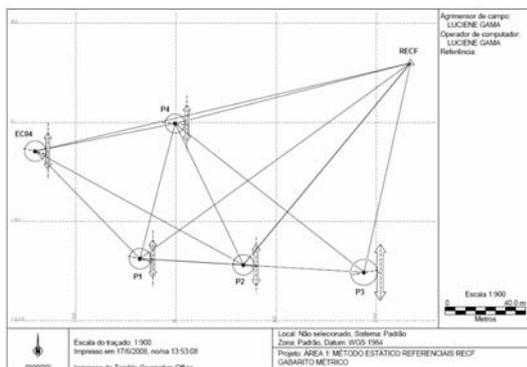


Figura 8 – Distribuição geométrica das Linhas de base observadas considerando as estações de referência RECF. Fonte: Programa TGO.

Os valores posicionais das coordenadas planas retangulares UTM e seus respectivos desvios padrões são mostrados na Tabela 3.

Tabelas 3 – Coordenadas Planas retangulares UTM em SIRGAS 2000. Estação de Referência RECF. Fonte softwares Grafnet e TGO.

SOFTWARE GRAFNET						
PONTO	COORDENADAS UTM				H. ELIPSOIDAL	
	E(m)	σ_e (m)	N(m)	σ_n (m)	h (m)	σ_h
EC04	284744,0255	0,0012	9109509,5145	0,0008	3,5235	0,0012
P1	284796,5268	0,0007	9109455,4896	0,0008	3,3507	0,0021
P2	284848,1639	0,0008	9109452,6072	0,0007	3,2189	0,0023
P3	284908,2919	0,0014	9109449,1449	0,0011	3,0983	0,0061
P4	284813,7649	0,0007	9109523,8462	0,0006	3,3556	0,0019

SOFTWARE TGO						
PONTO	COORDENADAS UTM				H. ELIPSOIDAL	
	E(m)	σ_e (m)	N(m)	σ_n (m)	h (m)	σ_h
EC04	284744,028	0,003	9109509,514	0,003	3,457	0,007
P1	284796,530	0,003	9109455,487	0,004	3,362	0,008
P2	284848,168	0,003	9109452,606	0,003	3,162	0,007
P3	284908,293	0,004	9109449,144	0,004	3,093	0,010
P4	284813,769	0,003	9109523,846	0,003	3,291	0,007

A partir da Tabela 3, foram calculadas as discrepâncias nas coordenadas Este e Norte, e a partir destas as resultantes planimétricas dos vértices do campo de pontos de referência, cujos resultados são mostrados na Tabela 4.

Tabela 4 – Discrepância e resultantes planimétricas entre as coordenadas nos software TGO e GrafNet.

PONTO	ΔE (m)	$\Delta N(m)$	RESULTANTE PLANIMÉTRICA(m)
EC04	0,003	0,000	0,003
P1	0,003	0,003	0,004
P2	0,004	0,001	0,004
P3	0,001	0,001	0,001
P4	0,004	0,000	0,004

Analisando a Tabela 4 é notório que tanto as discrepâncias em Este e Norte quanto as resultantes planimétricas, os valores estão bem próximos para todos e assumem valores inferiores a 4 mm.

c) processamento considerando somente a estação de referência UFPE

Ao aplicar a estratégia de processamento fixando a estação de referência UFPE nos softwares GrafNet e

TGO, os vetores linhas de base resultantes são mostrados na Figura 9 e 10.

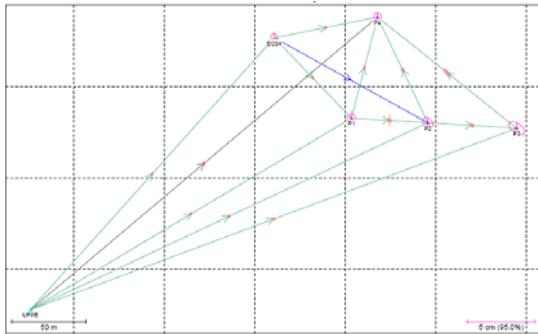


Figura 9 – Distribuição geométrica das linhas de base observadas considerando a estação de referência UFPE. Fonte: Software GrafNet.

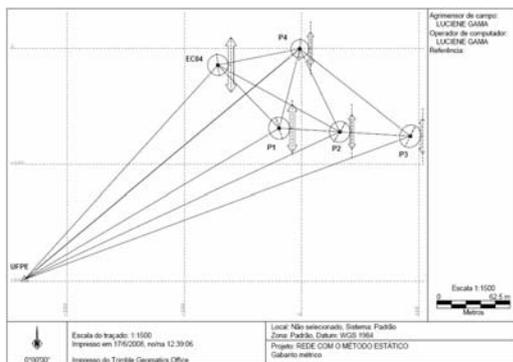


Figura 10 – Distribuição geométrica das linhas de base observadas considerando as estações de referência UFPE. Fonte: Software TGO.

Os valores das coordenadas planas UTM e seus respectivos desvios são indicadas na Tabela 5.

Tabelas 5 – Coordenadas geodésicas e Planas retangulares UTM em SIRGAS 20000 - Estação de Referência UFPE. Fonte programa Grafnet.

SOFTWARE GRAFNET						
PONTO	COORDENADAS UTM				H. ELIPSOIDAL	
	E(m)	σ_e (m)	N(m)	σ_n (m)	h (m)	σ_h
EC04	284744.024	0.007	9109509.509	0.006	3.4770	0.0218
P1	284796.516	0.007	9109455.486	0.007	3.4833	0.0257
P2	284848.171	0.009	9109452.605	0.009	3.2842	0.0190
P3	284908.278	0.012	9109449.158	0.014	3.2130	0.0177
P4	284813.766	0.008	9109523.845	0.007	3.4047	0.0146
SOFTWARE TGO						
PONTO	COORDENADAS UTM				H. ELIPSOIDAL	
	E(m)	σ_e (m)	N(m)	σ_n (m)	h (m)	σ_h
EC04	284744.023	0.004	9109509.508	0.004	3.425	0.014
P1	284796.514	0.005	9109455.484	0.005	3.369	0.008
P2	284848.162	0.004	9109452.602	0.004	3.238	0.009
P3	284908.282	0.005	9109449.171	0.004	3.500	0.010
P4	284813.759	0.004	9109523.845	0.004	3.202	0.009

As discrepâncias em Este e Norte e suas respectivas resultantes planimétricas foram calculadas a partir das coordenadas presentes na Tabela 5, cujos resultados são mostrados na Tabela 6.

Tabela 6 – Discrepância e resultantes planimétricas entre as coordenadas nos softwares TGO e GrafNet.

PONTO	ΔE (m)	ΔN (m)	RESULTANTE PLANIMÉTRICA (m)
EC04	0,001	0,001	0,001
P1	0,002	0,002	0,003
P2	0,009	0,003	0,009
P3	0,004	0,013	0,014
P4	0,005	0,000	0,005

Nota-se na Tabela 6 que as discrepâncias em Este e em Norte e as resultantes Planimétricas assumem maiores valores para o ponto P3 com valor de 1,3 em Norte e resultante planimétrica de 1,4 cm.

d) Processamento considerando somente a estação de referência EPS03

Considerando a estação EPS03 como referência, a configuração geométrica da linhas de base são mostradas na Figuras 11 e 12.

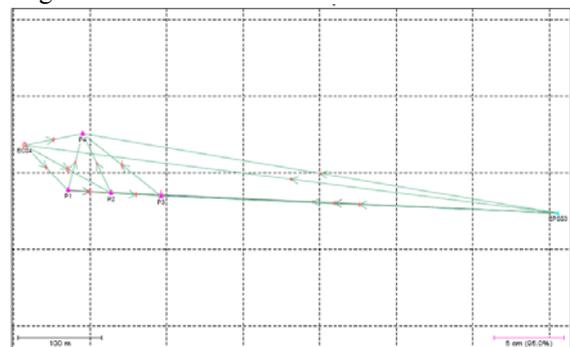


Figura 11 – Distribuição geométrica das linhas de base observadas considerando a estação de referência EPS03. Fonte: Software GrafNet.

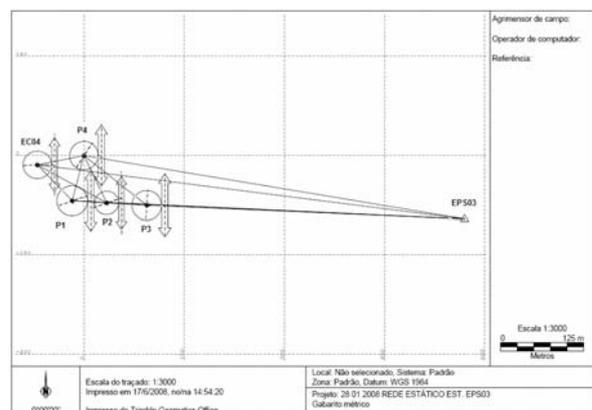


Figura 12 – Distribuição geométrica das linhas de base observadas considerando as estações de referência UFPE. Fonte: *Software TGO*.

A Tabela 7 mostra as coordenadas geodésicas e planas retangulares UTM advindas do processamento executado no programa GrafNet com relação a estação de referência EPS03.

Tabela 7 – Coordenadas geodésicas e Planas UTM em SIRGAS 2000 - Estação de Referência EPS03. Fonte *software Grafnet*.

SOFTWARE GRAFNET						
PONTO	COORDENADAS UTM				H. ELIPSOIDAL	
	E(m)	σ_e (m)	N(m)	σ_n (m)	h (m)	σ_h
EC04	284744,0285	0,005	9109509,5140	0,003	3,7374	0,0121
P1	284796,5324	0,004	9109455,4877	0,003	3,5760	0,0107
P2	284848,1674	0,004	9109452,6054	0,003	3,4356	0,0104
P3	284908,2986	0,005	9109449,1443	0,005	3,3296	0,0197
P4	284813,7705	0,003	9109523,8447	0,003	3,5815	0,0089

PONTO	COORDENADAS UTM				H. ELIPSOIDAL	
	E(m)	σ_e (m)	N(m)	σ_n (m)	h (m)	σ_h
EC04	284744,028	0,004	9109509,514	0,004	3,344	0,011
P1	284796,534	0,004	9109455,488	0,004	3,205	0,010
P2	284848,168	0,003	9109452,605	0,003	3,511	0,010
P3	284908,302	0,004	9109449,145	0,004	5,184	0,000
P4	284813,770	0,004	9109523,846	0,004	3,027	0,011

A exemplo das estratégias de processamento anteriores, as discrepâncias nas coordenadas retangulares planas UTM e as resultantes planimétricas para cada vértice do campo de pontos de referência foram calculadas e são mostrados na Tabela 8.

Tabela 8 – Discrepância e resultantes planimétricas entre as coordenadas nos *softwares TGO* e GrafNet.

PONTO	ΔE (m)	ΔN (m)	RESULTANTE PLANIMÉTRICA (m)
EC04	0,001	0,000	0,001
P1	0,002	0,000	0,002
P2	0,001	0,000	0,001
P3	0,003	0,001	0,003
P4	0,000	0,001	0,001

Analisando a Tabela 8, nota-se que as maiores discrepâncias encontradas foi para o ponto P3, assumindo um valor de 3 mm.

(e) Análise das estratégias de processamento e ajustamento

Analisando as quatro estratégias de processamento já detalhadas anteriormente, os “piores” resultados foram detectados para a estratégia de processamento considerando somente a estação de referência UFPE.

Ainda considerando as coordenadas planas retangulares UTM do campo de pontos de referência determinados pelo método de posicionamento relativo estático do Sistema GPS, foram calculadas as diferenças de coordenadas da estratégia de processamento e ajustamento adotando as estações de referência RECF e EPS03 com processamento simultâneo e as demais estratégias e os resultados são conferidos na Tabela 9.

Tabela 9 - Discrepância e resultantes planimétricas entre as coordenadas providas do processamento e ajustamento adotando as estações de referência RECF e EPS03 com processamento simultâneo e as demais estratégias nos *softwares TGO* e GrafNet.

SOFTWARE GRAFNET				SOFTWARE TGO		
RECF E EPS03 - RECF				RECF E EPS03 - RECF		
PONTO	ΔE (M)	ΔN (M)	RESULTANTE PLANIMÉTRICA (M)	ΔE (M)	ΔN (M)	RESULTANTE PLANIMÉTRICA (M)
EC04	0,001	0,001	0,001	0,003	0	0,003
P1	0	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001
P2	0	0,001	0,001	0,003	0,001	0,003
P3	0	0	0	0,002	0,002	0,003
P4	0	0	0	0,004	0	0,004

RECF E EPS03 - UFPE				RECF E EPS03 - UFPE		
PONTO	ΔE (M)	ΔN (M)	RESULTANTE PLANIMÉTRICA (M)	ΔE (M)	ΔN (M)	RESULTANTE PLANIMÉTRICA (M)
EC04	0,001	0,005	0,005	0,002	0,006	0,006
P1	0,011	0,003	0,011	0,016	0,004	0,016
P2	0,007	0,001	0,007	0,003	0,005	0,006
P3	0,014	0,013	0,019	0,009	0,025	0,027
P4	0,001	0,001	0,001	0,006	0,001	0,006

RECF E EPS03 - EPS03				RECF E EPS03 - EPS03		
PONTO	ΔE (M)	ΔN (M)	RESULTANTE PLANIMÉTRICA (M)	ΔE (M)	ΔN (M)	RESULTANTE PLANIMÉTRICA (M)
EC04	0,003	0	0,003	0,003	0	0,003
P1	0,005	0,001	0,005	0,004	0	0,004
P2	0,003	0,001	0,003	0,003	0,002	0,004
P3	0,007	0,001	0,007	0,011	0,001	0,011
P4	0,005	0,001	0,005	0,005	0	0,005

Analisando a Tabela 9, os valores das discrepâncias e resultantes planimétricas são maiores quando comparados às estratégias de processamento e ajustamento adotando as estações de referência RECF e EPS03 com processamento simultâneo e processamento considerando somente a estação de referência UFPE. Ainda assim, esses valores são inferiores a 3 cm, cujos valores mais elevados são encontrados para os pontos P1 e P3.

5.1.1.2 Levantamento com o método de posicionamento relativo Stop and Go

O levantamento do campo de pontos de referência do Campus UFPE utilizando o método relativo

semicinemático *stop and go* sucedeu-se no dia 20 de dezembro de 2007. A campanha GPS foi conduzida utilizando receptores geodésicos Rascal contendo as portadoras L1/L2, programado com uma taxa de gravação no intervalo de tempo de 5 s e máscara de elevação de 15° conforme recomenda o manual do fabricante.

Para a solução da ambigüidade duas linhas de base foram ocupadas: UFPE-EC04 e EPS03-EC04, em rastreo simultâneo por um período de observação de 18 minutos, aplicando o método de posicionamento relativo estático. Após esse período de observação, os receptores que ocupavam as estações de coordenadas conhecidas (UFPE e EPS03) permaneceram imóveis e o receptor posicionado sobre a estação (EC04) foi deslocado para os outros pontos a determinar (P1, P2, P3 e P4). O tempo máximo de ocupação nos vértices de interesse foi de 00:7:15 hs. .

Após decorrido um período de 25 minutos da primeira ocupação, todos os vértices foram reocupados buscando proporcionar alteração na geometria dos satélites para melhor resolução das ambigüidades. Conforme recomenda MONICO (2000) às duas coletas de dados nos pontos de interesse devem estar separadas por um período de tempo de 20 a 30 minutos.

As estações de referência utilizadas para o levantamento com o método *stop and go* foram as estações UFPE e EPS03.

Desta forma, as seguintes metodologias de processamento foram proporcionadas:

- Processamento com uma e duas ocupações adotando as Estações de referência UFPE e EPS03 com Processamento Simultâneo;
- Processamento com uma e duas ocupações adotando a Estação de referência UFPE;
- Processamento com uma e duas ocupações adotando as Estações de referência EPS03.

Os dados foram processados utilizando-se o programa GrafNet pois o mesmo possibilita processamento e ajustamento de rede radial, o qual inclui redes observadas com o método *stop and go*.

a) Processamento Com Uma e Duas Ocupações Adotando as Estações de Referência UFPE e EPS03 com Processamento Simultâneo

Esta estratégia de processamento com duas estações de referência foi empregada objetivando fechar geometricamente os vetores de linhas de base com o propósito de obter melhores resultados. O tipo de observável empregada utilizando essa estratégia de processamento foi somente L1 e depois L1/L2, com máscara de elevação variando de 15° a 25°.

A Figura 13 apresenta a distribuição geométrica do campo de pontos de referência processados e ajustados com apenas uma ocupação nos vértices do campo de pontos de referência e a Figura 14 ilustra a distribuição

geométrica dos vetores linhas de base do campo de pontos de referência advinda de duas ocupações em cada vértice.

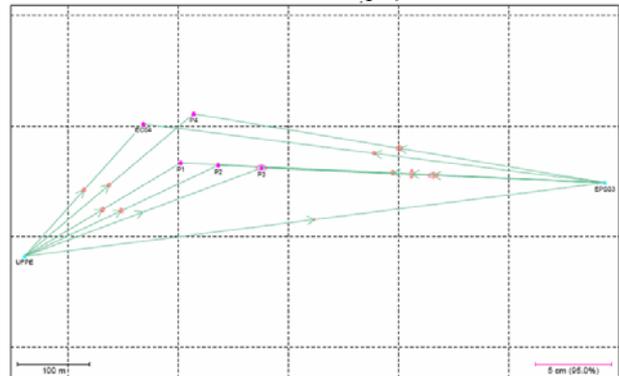


Figura 13 - Distribuição geométrica das Linhas de base com uma ocupação no campo de pontos de referência. Fonte: Programa GrafNet.

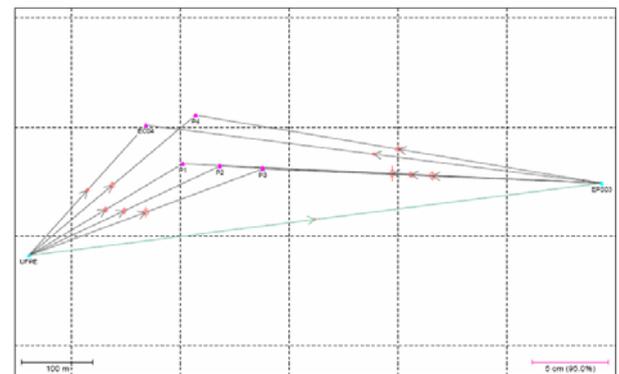


Figura 14 - Distribuição geométrica das Linhas de base observadas considerando com duas ocupações no campo de pontos de referência. Fonte: Programa GrafNet.

A Tabela 10 mostra respectivamente as coordenadas planas retangulares UTM resultante do processamento adotando as estações de referência UFPE e EPS03 com com uma e duas ocupações e seus respectivos desvios padrões.

Tabela 10 - Coordenadas planas retangulares UTM e respectivos desvios padrões. Fonte Software GrafNet.

UMA OCUPAÇÃO						
PONTO	COORDENADAS UTM				H. ELIPSOIDAL	
	E(m)	σ_e (m)	N(m)	σ_n (m)	h (m)	σ_h
EC04	284744,0136	0,003	9109509,5298	0,003	3,5104	0,0047
P1	284796,1301	0,003	9109455,6642	0,003	3,3914	0,0048
P2	284848,1621	0,003	9109452,6224	0,003	3,2233	0,0047
P3	284908,3028	0,004	9109449,2215	0,008	3,1470	0,0110
P4	284813,8116	0,003	9109523,8289	0,003	3,3730	0,0046
DUAS OCUPAÇÕES						
PONTO	COORDENADAS UTM				H. ELIPSOIDAL	
	E(m)	σ_e (m)	N(m)	σ_n (m)	h (m)	σ_h
EC04	284744,0006	0,002	9109509,5323	0,002	3,5009	0,0047
P1	284796,0886	0,003	9109455,6765	0,002	3,3836	0,0050

P2	284848,1706	0,002	9109452,6194	0,002	3,2288	0,0047
P3	284908,4631	0,003	9109448,9840	0,004	2,8877	0,0122
P4	284813,8072	0,003	9109523,8320	0,002	3,3546	0,0044

A partir das coordenadas planas retangulares UTM do campo de pontos de referência advindas do método de posicionamento estático (Tabela 1) considerando as estações de Referência RECF e EPS03, resultantes dos processamentos e ajustamentos no *software* GrafNet; e o método de posicionamento *stop and go* (Tabela 10) *software* GrafNet, considerando as estações de referência UFPE e EPS03 com uma e duas ocupações, foram calculadas as discrepâncias em Este (E) e em Norte (N) para análise da viabilidade das estratégias adotadas no levantamento de campo utilizando o método *stop and go*. Os deltas E e N resultantes são mostrados na Tabela 11.

Tabela 11 – Discrepância de coordenadas: método *stop and go* com uma e duas ocupações e estático em SIRGAS 2000.

PONTO	UMA OCUPAÇÃO			DUAS OCUPAÇÕES		
	ΔE (m)	ΔN (m)	RESULTANTE PLANIMÉTRICA	ΔE (m)	ΔN (m)	RESULTANTE PLANIMÉTRICA
EC04	0,011	0,016	0,019	0,024	0,018	0,030
P1	0,149	0,175	0,230	0,438	0,188	0,477
P2	0,008	0,016	0,018	0,007	0,013	0,015
P3	0,012	0,077	0,078	0,171	0,161	0,235
P4	0,003	0,001	0,003	0,042	0,014	0,044

Analisando as coordenadas planas retangulares UTM proveniente da aplicação do método *stop and go* com uma ocupação em cada ponto, nota-se que as coordenadas do campo de pontos de referência quando comparadas com as coordenadas providas do método de posicionamento estático, apresenta maior discrepância para o ponto P1 e P3 e menor discrepância para P4. Contrapondo, o levantamento com o método *stop and go* com duas ocupações, nota-se que a maior discrepância é visível para os P1 e P3.

b) Processamento Com Uma e Duas Ocupações Adotando a Estação de Referência UFPE

Neste processamento a solução fixa dos vetores linhas de base foi dada utilizando à portadora L1 e máscara de elevação de 15°. A distribuição geométrica resultante do processamento dos vetores linhas de base observadas com uma e duas ocupações são ilustradas nas Figuras 15 e 16.

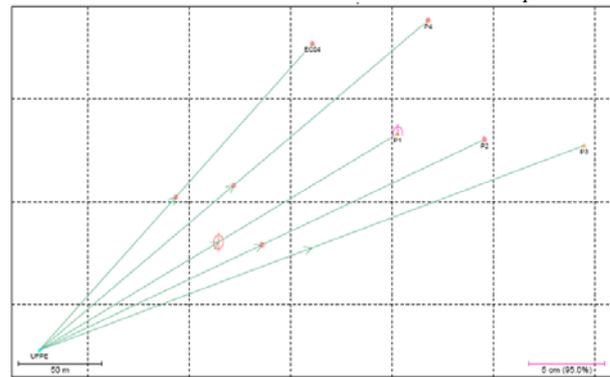


Figura 15 – Distribuição geométrica das Linhas de base observadas com uma ocupação no campo de pontos de referência. Fonte: Programa GrafNet.

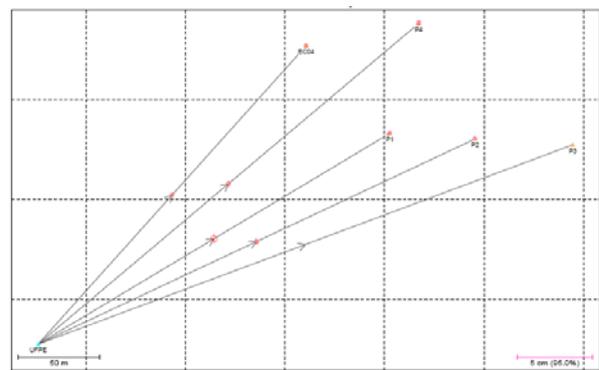


Figura 15 – Distribuição geométrica das Linhas de base observadas duas ocupações no campo de pontos de referência. Fonte: *Software* GrafNet.

As coordenadas planas retangulares UTM provenientes desta estratégia de processamento são mostradas na Tabela 12.

Tabela 12 - Coordenadas Planas retangulares UTM e respectivos desvios padrões. Fonte *Software* GrafNet.

UMA OCUPAÇÃO						
PONTO	COORDENADAS UTM				H. ELIPSOIDAL	
	E(m)	σ_e (m)	N(m)	σ_n (m)	h (m)	σ_h
EC04	284744,010	0,0026	9109509,526	0,0029	3,565	0,006
P1	284795,742	0,0112	9109455,804	0,0076	3,396	0,0290
P2	284848,170	0,0038	9109452,627	0,0031	3,244	0,0054
P3	284908,301	0,0155	9109449,291	0,0352	3,568	0,0468
P4	284813,812	0,0032	9109523,840	0,0028	3,402	0,0054
DUAS OCUPAÇÕES						
PONTO	COORDENADAS UTM				H. ELIPSOIDAL	
	E(m)	σ_e (m)	N(m)	σ_n (m)	h (m)	σ_h
EC04	284744,010	0,0026	9109509,526	0,0029	3,5655	0,006
P1	284795,742	0,0026	9109455,802	0,0029	3,3953	0,007
P2	284848,170	0,0036	9109452,627	0,0029	3,2435	0,005
P3	284908,301	0,0155	9109449,291	0,0352	3,5684	0,047
P4	284813,152	0,0042	9109523,567	0,0032	2,7228	0,007

A partir das coordenadas planas retangulares UTM do campo de pontos de referência advindas do método de posicionamento estático considerando a estação de Referência UFPE (Tabela 1), resultante do processamento e ajustamento no *software* GrafNet ; e o método de posicionamento *stop and go* (Tabela 12) também no GrafNet, considerando as estações de referência UFPE com uma e duas ocupações, foram calculadas as discrepâncias em Este (E) e em Norte (N). Os deltas ΔE e ΔN resultantes são mostrados na Tabela 13.

Tabela 13 - Diferença de coordenadas: método *stop and go* com uma e duas ocupações e estático em SIRGAS 2000 tendo a estação UFPE como referência. Fonte Software GrafNet.

PONTO	UMA OCUPAÇÃO			DUAS OCUPAÇÕES		
	ΔE (m)	ΔN (m)	RESULTANTE PLANIMÉTRICA	ΔE (m)	ΔN (m)	RESULTANTE PLANIMÉTRICA
EC04	0,014	0,017	0,022	0,014	0,017	0,022
P1	0,774	0,319	0,837	0,774	0,316	0,836
P2	0,001	0,022	0,022	0,001	0,021	0,021
P3	0,023	0,132	0,134	0,023	0,132	0,134
P4	0,048	0,005	0,048	0,613	0,278	0,673

Analisando a Tabela 13, nota-se que as maiores discrepâncias encontradas fixando a estação de referência UFPE foram encontradas para os pontos P1 no processamento e ajustamento com uma ocupação e; para os pontos P1 e P4 quando considerada a estratégia de processamento com duas ocupações.

c) Processamento com uma e duas ocupações adotando as estações de referência EPS03.

A fixação das ambigüidades na estratégia de processamento com uma e duas ocupações adotando a Estação de referência EPS03 tiveram soluções aplicando as observáveis L1 e L2, e máscara de elevação variando entre 15° e 25°.

A distribuição geométrica resultante do processamento utilizando esta estratégia de processamento são representadas nas Figuras 17 e 18.

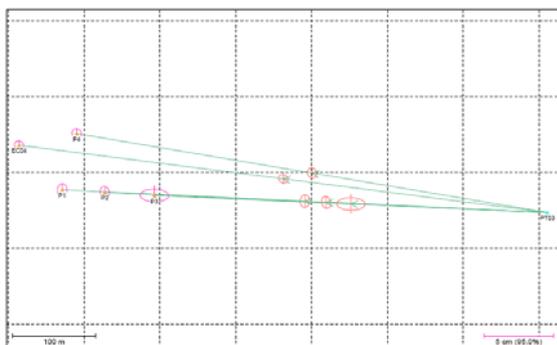


Figura 17 – Distribuição geométrica das Linhas de base observadas com uma ocupação no campo de pontos de referência. Fonte: Software GrafNet.

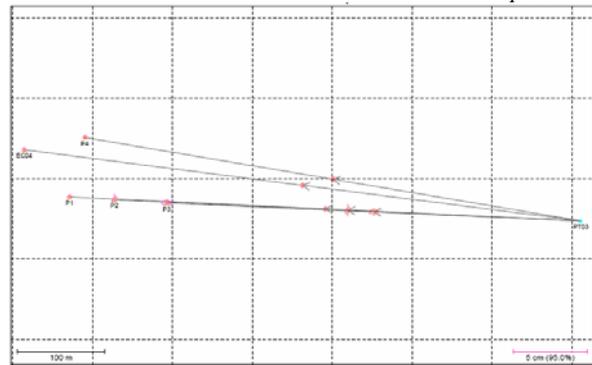


Figura 18 – Distribuição geométrica das Linhas de base observadas com duas ocupações no campo de pontos de referência. Fonte: Software GrafNet

A Tabela 14 mostra as coordenadas planas retangulares UTM, provenientes do processamento e ajustamento utilizando a estação de referência EPS03 com uma e duas ocupações nos pontos de interesse.

Tabela 14 - Coordenadas Planas retangulares UTM em SIRGAS 2000 – Estação de Referência EPS03 com uma e duas ocupações. Fonte Software GrafNet.

PONTO	UMA OCUPAÇÃO					
	COORDENADAS UTM				H, ELIPSOIDAL	
	E(m)	σ_e (m)	N(m)	σ_n (m)	h (m)	σ_h
EC04	284744,0197	0,0073	9109509,5301	0,0083	3,5963	0,0182
P1	284796,5283	0,0111	9109455,5184	0,0083	3,5282	0,0195
P2	284848,1709	0,0106	9109452,6232	0,0081	3,2742	0,0178
P3	284908,3215	0,0110	9109449,2125	0,0249	3,2634	0,0331
P4	284813,8278	0,0093	9109523,8422	0,0081	3,4242	0,01572
PONTO	DUAS OCUPAÇÕES					
	COORDENADAS UTM				H, ELIPSOIDAL	
	E(m)	σ_e (m)	N(m)	σ_n (m)	h (m)	σ_h
EC04	284744,0262	0,0038	9109509,4941	0,0029	3,6139	0,0067
P1	284796,5412	0,0028	9109455,5388	0,0034	3,5199	0,0078
P2	284848,1740	0,0049	9109452,6154	0,0043	3,2443	0,0185
P3	284908,3210	0,0037	9109449,2048	0,0083	3,2617	0,0111
P4	284813,8288	0,0039	9109523,8272	0,0029	3,4286	0,0069

As diferenças de coordenadas E e N foram calculadas para o método de posicionamento relativo estático (Tabela 1) e *stop and go* com uma e duas ocupações (Tabela 14), considerando a estação de referência EPS03, cujos resultados são mostrados na Tabela 15.

Tabela 15 - Diferença de coordenadas: método *stop and go* com uma e duas ocupações e estático em SIRGAS 2000 tendo a estação EPS03 como referência. Fonte Software GrafNet.

PONTO	UMA OCUPAÇÃO			DUAS OCUPAÇÕES		
	ΔE (m)	ΔN (m)	RESULTANTE PLANIMÉTRICA	ΔE (m)	ΔN (m)	RESULTANTE PLANIMÉTRICA

EC04	0,009	0,016	0,018	0,003	0,020	0,020
P1	0,004	0,030	0,030	0,009	0,051	0,052
P2	0,004	0,018	0,018	0,007	0,010	0,012
P3	0,023	0,069	0,073	0,022	0,061	0,065
P4	0,057	0,003	0,057	0,058	0,018	0,061

Analisando a Tabela 15, nota-se que as maiores discrepâncias encontradas entre o processamento e ajustamento dos dados GPS: método de posicionamento estático e *stop and go* com duas ocupações, adotando a estação de referência EPS03, é para o ponto P4.

Observando-se as Tabelas 13, 14 e 15 nota-se que a estratégia de processamento aplicada ao método de posicionamento *stop and go* com uma ocupação, apresenta discrepâncias menores que com duas ocupações, significando que as coordenadas planas retangulares UTM obtidas com uma ocupação estão mais próximas dos valores das coordenadas planas encontradas aplicando o método de posicionamento estático.

Ainda pode ser observado que a estratégia de processamento no item c) apresenta melhores resultados para todos os vértices do campo de pontos de referência.

5.1.2 Levantamento do campo de pontos de referência por estação total

O levantamento no sistema topográfico local do campo de pontos de referência, aplicando o método de redes, foi realizado em dias distintos: 30 de agosto, observando-se os vértices EC04, P1, P2 e P4; e 06 de setembro de 2006, quando foram observados os pontos P4, P2, P3 e P5. A Figura 19 mostra a distribuição geométrica do campo de pontos de referência medidos por Estação Total.

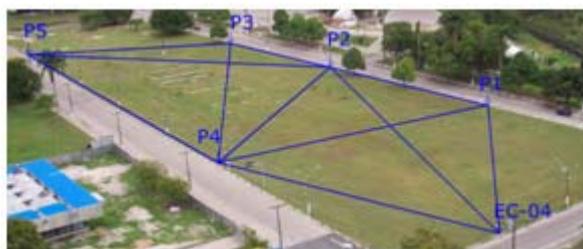


Figura 19 – Distribuição geométrica das Linhas de base observadas por Estação Total.

As medições foram conduzidas utilizando-se uma Estação Total Trimble 3305 DR com precisão angular de 5” e precisão linear 5 mm + 5ppm e um conjunto de três prismas refletivos posicionados sobre os tripés.

As observações de ângulos horizontais e verticais, e distâncias inclinadas foram realizadas em seis séries com visadas conjugadas direta e inversa com dispositivo de centragem forçada em atendimento às especificações da NBR 13.133/ 1994 e NBR 14.166/98. Dessa forma, a rede foi medida formando uma

configuração geométrica triangular, permitindo que o método da interseção a vante fosse aplicado, nesta pesquisas, para o cálculo das coordenadas do campo de pontos de referência.

As coordenadas geodésicas aproximadas do campo de pontos de referência foram calculadas aplicando o método da interseção a vante em uma planilha elaborada no *software* Excel e ajustadas no *software* ADJUST.

Para o ajustamento, o modelo adotado considerou sempre três pontos de referência, quatro ângulos internos e as coordenadas aproximadas do ponto a ser ajustado.

Dispondo-se de todas as coordenadas dos pontos de referência no sistema topográfico local (X, Y), uma transformação de similaridade foi aplicada para apresentação de coordenadas no mesmo sistema cartográfico, ou seja, coordenadas E e N. Esta transformação foi realizada considerando três pontos de controles (referência), permitindo assim, um ajustamento pelo Método dos Mínimos Quadrados (MMQ) aplicando o *software* ADJUST. Como as coordenadas do campo de pontos referência também foram determinadas por GPS, uma comparação foi possível entre as mesmas e as coordenadas obtidas por similaridade.

Após a determinação das coordenadas no sistema local (STL) foi aplicada a transformação de coordenadas por similaridade utilizando como controle os pontos EC04, P2 e P4 com coordenadas conhecidas no sistemas UTM e STL cujos resultados são conferidos na Tabela 16.

Tabela 16 – Coordenadas planas UTM em SIRGAS 2000 obtidas por transformação de similaridade a partir dos pontos homólogos EC04, P2 e P4.

PARÂMETROS DE TRANSFORMAÇÃO				
a =	0,69672	Rotação = 314°11'00,6"		
b =	-0,71686	Escala = 0,99965		
Tx =	744,055	Variância de referência = 0,0006		
Ty =	509,493			
COORDENADAS UTM				
PONTOS	E (m)	σ_x	N (m)	σ_y
P1	284796,537	0,018	9109455,527	0,018
P3	284908,681	0,034	9109449,110	0,034
P5	284967,081	0,046	9109501,480	0,046

A transformação de similaridade também foi aplicada a partir dos pontos homólogos EC04, P1 e P3. Os resultados provindos desta transformação são mostrados na Tabela 17.

Tabela 17 – Coordenadas planas UTM em SIRGAS 2000 obtidas por transformação de similaridade a partir dos pontos homólogos EC04, P1 e P3.

PARÂMETROS DE TRANSFORMAÇÃO				
a = 0,69502		Rotação = 314°10'17,0"		
b = -0,71542		Escala = 0,99744		
Tx = 744,090		Variância de referência= 0,0096		
Ty = 509,417				
COORDENADAS UTM				
PONTOS	E (m)	σ_x	N (m)	σ_y
P2	284847,971	0,063	9109452,635	0,063
P4	284813,629	0,069	9109523,706	0,069
P5	284966,62	0,13	9109501,375	0,13

Através dos pontos homólogos P1, P4 e P3 com coordenadas determinadas por GPS e no STL também foram determinadas às coordenadas UTM por transformação de Similaridade. As coordenadas providas desta transformação são mostradas na Tabela 20.

Tabela 20 – Coordenadas planas UTM em SIRGAS 2000 obtidas por transformação de similaridade a partir dos pontos homólogos P1, P4 e P3.

PARÂMETROS DE TRANSFORMAÇÃO				
a = 0,69448		Rotação = 314°08'26,2"		
b = -0,71563		Escala = 0,99721		
Tx = 744,188		Variância de referência = 0,0181		
Ty = 509,487				
COORDENADAS UTM				
PONTOS	E (m)	σ_x	N (m)	σ_y
EC04	2848744,161	0,153	9109509,526	0,153
P2	284848,015	0,084	9109452,663	0,084
P5	284966,62	0,186	9109501,328	0,186

As coordenadas planas retangulares UTM, advindas da aplicação do método de posicionamento relativo estático, processadas e ajustadas no *software* GrafNet adotando as estações de referência RECF e EPS03 com processamento simultâneo, serviram para comparar os resultados obtidos pelo método topográfico da interseção a vante, após transformação de coordenadas por similaridade. Mesmo porque estas também foram adotadas para a confrontação dos resultados entre os demais métodos adotados neste trabalho. Desta forma, foram calculadas as discrepâncias resultantes entre as coordenadas planas retangulares UTM do campo de pontos de referência: obtidas por GPS e as coordenadas topográficas locais (Tabelas 15, 16 e 17) provenientes do ajustamento por Interseção a vante após transformação de similaridade, cujos resultados são mostrados na Tabela 19.

Tabela 19 - Discrepâncias entre as coordenadas UTM do campo de pontos levantados por GPS/ Estação Total.

PONTO	DISCREPÂNCIA GPS/INTERSEÇÃO A VANTE		RESULTANTE PLANIMÉTRICA
	EC04	0.136	
P1	0.01	0.038	0.039
P2	0.149	0.057	0.160
P3	0.389	0.035	0.391
P4	0.136	0.14	0.195

Analisando a Tabela 19, nota-se que apenas o ponto P1 apresenta valor de resultante planimétrica inferior a 10 cm.

5.1.3 Levantamento do campo de pontos-objeto por estação total

Para a demonstração da realização de integração de dados coletados com GPS e dados providos de Estação Total foi realizado o levantamento dos pontos de limites das letras que compõem o nome UFPE, localizada praticamente centralizada na quadra cadastral.

O levantamento topográfico foi realizado com duas Estações Totais Trimble 3305 DR, com precisão angular de 5'' e precisão linear 5 mm + 5ppm. Os pontos-objeto são formados por um conjunto de 40 pontos que compõem os vértices externos das letras da sigla UFPE representados na Figura 20. Estes foram irradiados triplamente e simultaneamente a partir do levantamento topográfico, no qual foram executadas duas séries de leituras com visadas conjugada direta e inversa, tomando como referência os vértices integrantes do campo de pontos de referência P4, P3 e P2 durante as aulas práticas da Disciplina de Topografia 1 (2007.2).



Figura 20 – Localização geométrica do Campo de pontos-objeto.

As coordenadas aproximadas aplicando o método da interseção a vante foram calculadas no Sistema no STL empregando um aplicativo desenvolvido no Excel envolvendo ângulos internos, distâncias inclinadas e coordenadas dos pontos de referência P4, P3 e P2. A Figura 21 ilustra a geometria de medição formada pelos pontos de referência e o ponto-objeto 34.

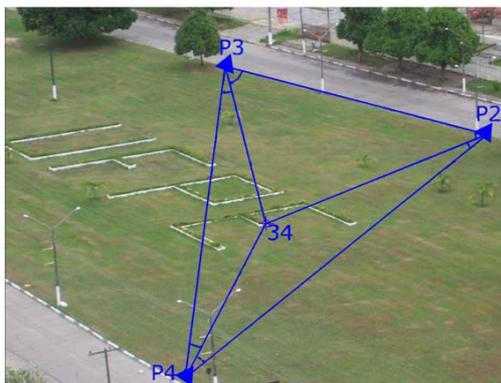


Figura 21 – Geometria do método da interseção a vante.

Duas coordenadas aproximadas foram calculadas para cada ponto, primeiramente foi obtida as coordenadas aproximadas utilizando os dados do triângulo $\overline{P134P4}$ e

posteriormente, usando o triângulo $\overline{P334P4}$. Dessa forma, foi adotado a média das coordenadas aproximadas dos pontos de limites para os cálculos de ajustamento.

A transformação de coordenadas por similaridade também foi aplicada aos pontos-objeto. O software utilizado para esta transformação também foi o ADJUST.

3.3.3 Resultados do levantamento do campo de pontos-objeto por estação total

Os resultados provenientes da transformação de similaridade aplicada aos pontos-objetos que compõem os vértices da sigla UFPE e os parâmetros de transformação resultantes são mostrados na Tabela 21.

Tabela 21 – Parâmetros de transformação e coordenadas UTM com seus respectivos desvios padrões.

PARÂMETROS DE TRANSFORMAÇÃO									
a = 0,69526 ± 0,00102			Tx = 744,179 ± 0,132			Rotação = 314°08'46,1"			
b = -0,71630 ± 0,00102			Ty = 509,512 ± 0,132			Escala = 0,99823			
COORDENADAS PLANAS UTM PROVINDAS DA TRANSFORMAÇÃO DE SIMILARIDADE									
PONTOS	ESTE(m)	sx	NORTE(m)	sy	PONTOS	ESTE(m)	sx	NORTE(m)	sy
1	284889.564	0.063	9109477.598	0.063	21	284859.163	0.054	9109482.854	0.054
2	284888.776	0.063	9109477.747	0.063	22	284850.87	0.055	9109484.104	0.055
3	284891.293	0.066	9109491.648	0.066	23	284860.272	0.055	9109489.001	0.055
4	284882.931	0.062	9109492.904	0.062	24	284851.984	0.056	9109490.183	0.056
5	284880.406	0.059	9109478.95	0.059	25	284851.243	0.056	9109491.164	0.056
6	284879.58	0.058	9109479.062	0.058	26	284851.984	0.056	9109490.183	0.056
7	284882.256	0.062	9109493.84	0.062	27	284861.709	0.058	9109496.794	0.058
8	284892.238	0.067	9109492.311	0.067	28	284862.485	0.058	9109496.677	0.058
9	284874.57	0.057	9109479.837	0.057	29	284844.936	0.056	9109484.117	0.056
10	284864.696	0.054	9109481.295	0.054	30	-	-	-	-
11	284864.827	0.055	9109482.092	0.055	31	-	-	-	-
12	284874.129	0.057	9109480.563	0.057	32	-	-	-	-
13	284874.961	0.058	9109486.912	0.058	33	284845.389	0.057	9109491.148	0.057
14	284870.781	0.057	9109487.634	0.057	34	284841.423	0.058	9109491.742	0.058
15	284871.047	0.057	9109488.346	0.057	35	284841.597	0.058	9109492.556	0.058
16	284875.328	0.058	9109487.597	0.058	36	284845.536	0.057	9109491.95	0.057
17	284876.487	0.061	9109494.67	0.061	37	284846.651	0.059	9109498.121	0.059
18	284877.278	0.061	9109494.636	0.061	38	284837.582	0.062	9109499.426	0.062
19	284859.841	0.054	9109481.921	0.054	39	-	-	-	-
20	284849.871	0.055	9109483.387	0.055	40	-	-	-	-

Analisando a Tabela 21, nota-se que os desvios tanto em x quanto em y a 7 cm.

6 CONCLUSÕES

Das estratégias de processamento adotadas para definição do campo de pontos de referência adotando o método de posicionamento estático, processadas e ajustadas nos *softwares* grafnet e TGO, adotando a estações de referência RECF e EPS03 com processamento simultâneo, comparadas aos resultados obtidos do processamento individual das estações, RECF, UFPE e EPS03 conclui-se:

1) Quanto a adoção dos softwares comerciais, as discrepâncias de coordenadas encontradas entre os mesmos são inferiores a 5 mm para os resultados obtidos adotando as estações de referência: RECF e EPS03 com processamento simultâneo e RECF e EPS03 com processamento individual. Quanto aos resultados proveniente da adoção da estação de referência UFPE a discrepância máxima encontrada para as coordenadas foi de 1, 4 cm para o vértice P3, os demais vértices as discrepância são inferiores a 9 mm;

2) Os resultados provenientes do processamento e ajustamento dos dados GPS para o método de posicionamento relativo estático em softwares distintos permite identificar possíveis erros grosseiros nas observações, além de permitir a confrontação dos resultados das coordenadas do campo de pontos de interesse, proporcionando desta forma maior confiabilidade nos resultados para o campo de pontos de referência para a determinação de pontos de limites de parcelas territoriais urbanas.

3) Quando comparados os resultados das coordenadas Planas UTM obtidas da estratégia de processamento do método de posicionamento relativo estático com as estações RECF e EPS03 com processamento simultâneo e as demais estratégias nos *softwares* GrafNet e TGO, as discrepâncias encontradas são maiores quando comparados os resultados provenientes da estratégia RECF e EPS03 com processamento simultâneo e UFPE com processamento individual, sendo 3 cm o valor máximo encontrado. Portanto, a adoção de duas ou apenas uma estação de referência quando se trata de linhas de base apresentam valores posicionais semelhantes.

Das estratégias de processamento adotadas para o método de posicionamento *Stop-and-go* conclui-se:

1) O processamento e ajustamento dos dados GPS com duas estações de referência para este método de posicionamento, permite fechar figuras geométricas e com isto permite um melhor ajustamento. As coordenadas planas UTM resultante deste processamento quando comparada aos resultados obtidos do método de

posicionamento estático mostrou melhores resultados para a primeira ocupação no campo de pontos de referência.

2) Quando processados e ajustados os dados providos deste método adotando as estações de referência UFPE e EPS03 individuais. Os melhores resultados também foram encontrados para a estratégia de processamento com uma ocupação em cada vértice do campo de pontos de referência. Diante destes resultados chega-se a conclusão que uma segunda ocupação no campo de pontos de referência não proporcionou melhoras nos resultados obtidos.

3) Analisando as três estratégias de processamento adotando o método de posicionamento stop-and-go, o melhor desempenho foi proporcionado pela estratégia de posicionamento adotando a estação de referência EPS03. Pois a mesma proporcionou melhor solução para os vetores linhas de base.

As coordenadas Planas UTM do campo de pontos de referência obtidas por Estação Total, mostram-se resultados satisfatórios quando comparadas às coordenadas Planas UTM obtidas por GPS. As diferenças encontradas são consideradas comuns quando compará-se resultados posicionais de métodos topográficos com o método de posicionamento estático da Tecnologia GPS.

Quanto ao posicionamento geodésico do campo de pontos-objeto, os valores posicionais encontrados apresentam desvios padrões tanto em Este quanto em Norte compatíveis com as exigências para a determinação das coordenadas de pontos de limites de parcelas territoriais urbanas.

O método da interseção a vante mostrou resultados coerentes para definição posicional de pontos objetos, o que torna recomendável sua aplicação em levantamentos cadastrais urbanos a partir de uma base georreferenciada por GPS. Cabe salientar que para obtenção de resultados consistentes com a aplicação deste método um ajustamento por MMQ é necessário.

Para a compatibilização entre as coordenadas UTM e os dados coletados por Estação Total é recomendado uma transformação por coordenadas, para se tenha uniformidade nos resultados, mesmo se tratando de pequenas linhas de base onde os efeitos da curvatura terrestre são praticamente desprezíveis.

Diante do exposto, evidencia-se a importância da definição de um campo de pontos de referência a partir de pontos geodésicos integrante de um SGR, na área de estudo. Estes devem ser observados por no mínimo dois métodos de medição para que haja uma confrontação de seus valores posicionais, assim como devem ser submetidos a um rigoroso ajustamento para que seus resultados apresentem confiabilidade e garantam a homogeneidade do levantamento. Desta forma, os critérios do Princípio de Vizinhança nas medições geodésicas cadastrais são atendidos. As mesmas considerações cabem ao campo de pontos-objeto, definidos a partir do campo de pontos de referência.

AGRADECIMENTOS

Aos Laboratórios de Topografia e Geodésia LATOP E LAGEO, respectivamente, do Departamento de Engenharia Cartográfica e à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Aos Amigos do Mestrado e do Curso de Engenharia Cartográfica que me auxiliaram na coleta de dados de campo e ao Professor MSc. Adeildo Antão dos Santos e Cláudio Davi pelas sugestões nos processamentos de dados GPS.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. NBR-13.133 – **Normas Técnicas para a Execução de Levantamentos Topográficos**. 1994.

ABNT: NBR 14166 – Rede de Referência Cadastral Municipal – Procedimento. Rio de Janeiro : 1998.

ABNT: NBR 14645: Elaboração do “Como Construído” para Edificações (as built). Parte 1: **Levantamento Planimétrico e cadastral de imóvel urbanizado com área até 25000m² para fins de estudos, projetos e edificações**. Rio de Janeiro 2000.

BONIFÁCIO, M. B; SEIXAS, A. **Implantação de Redes Geodésicas para o Cadastro Rural, Georreferenciamento de Imóveis**. XXIII Congresso Brasileiro de Cartografia, Rio de Janeiro, Brasil, 21 a 24 de outubro de 2007.

BOTELHO, F.J.L. **Métodos de Racionalização Construtiva no Posicionamento preciso de Edificações Prediais**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologia da Geoinformação. 96 P. 2003.

BRANDÃO, A C. **O Princípio da Vizinhança Geodésica no Levantamento Cadastral de Parcelas Territoriais**. Tese de Doutorado . Projeto de Qualificação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003.

BRASIL. Lei 3071/1916 - **Código Civil Brasileiro**. 1916.

BRASIL. Lei 10.406 de 10 de janeiro de 2002. **O Novo Código Civil Brasileiro**, a partir de 10/01/2003.

BRASIL. Lei 10.257 de 10 de julho de 2001: **Estatuto das cidades**. 2001

DALMOLIN, Q. **Ajustamento Por Mínimos Quadrados**. Curitiba: Imprensa Universitária – UFPR. 175p. 2002.

DE SEIXAS. **Sistemas de Medição Polar à Base de Teodolitos e Definição do Método das Linhas de Grade**. RBC, Número 56/2, 2004.

DE SEIXAS, BURITY. **Geodésia aplicada à medição e ao monitoramento de áreas de risco em sítios industrializados**. IV CBCG, Curitiba-PR, 2005.

FERREIRA, DE SEIXAS, ROMÃO. **Conceituação de campos de pontos na medição de deformação de objetos**. I SIMGEO, Recife-PE, 2004.

GAMA, L.F.; DE SEIXAS, A.; ESTUDANTES DE ENGENHARIA CARTOGRÁFICA. **Implantação e Interligação de Campo de Pontos Planimétricos de Referência para o Georreferenciamento de Estruturas Arquitetônicas**. Submetido ao II SIMGEO – Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. 2008.

FONTE, C. M. P. **Ajustamento das Observações Utilizando o Método dos Mínimos Quadrados**. Universidade de Coimbra. 1994. 44p. Disponível em www.google.com.br. Acesso em 05/12/2006.

FONTE, C. C.; VICENTE, M. A.F. **Textos de apoio de Topografia**. Departamento de Matemática FCTUC Universidade de Coimbra. Disponível em http://www.mat.uc.pt/~cfonte/docencia/Topografia/Sebenta_civil_0405.pdf. Acesso em 27/06/2008.

GALDINO, C.A.P.M. **Cadastro de Parcelas Territoriais Vinculado ao Sistema de Referência Geocêntrico –SIRGAS 2000**. Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFSC. 2006. 215p.

GEMAEL, Camil. **Introdução ao ajustamento de Observações: Aplicações Geodésicas**. Curitiba. Editora UFPR. 1994. 319p.

GRAFAREND, E.W. Optimization of geodetic Networks. *Boll.Geod.a Scien. Alf.* 1974.

HÄBLER, J.; WACHSMUTH. **Vermessungs beruf**. 1984.

IBGE. **Resolução - PR no 22, de 21-07-83 - Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos**.

IBGE. **Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos: Coletânea das normas vigentes**. Rio de Janeiro. 1998.

IBGE. **Resolução do Presidente do IBGE N° 1/2005: Altera a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro**.

KAHMEN. **Vermessungskunde**. 20. Aufl., 2005.

KAHMEN, H.; FAIG, W. **Surveying**. Berlin. 1988. Ed. de Gruyter.

LEICK, A. **GPS: Satellite surveying**. 2. ed. New York: J.Wiley. 1995. 560p.

MONICO, J. F. Galera. **Posicionamento pelo NAVSTAR – GPS: Descrição, Fundamentos e Aplicações**. Editora UNESP – São Paulo. 2000.

MONICO, J. F. G; SILVA, É. F. **Controle de Qualidade em Levantamentos no Contexto da Lei nº10267/01 de 28 de Agosto de 2001**. In: Congresso Brasileiro de Ciências Geodésicas. 2003, Curitiba. Anais. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2003. p. 69-84.

MOESER. u.a. Handbuch **Ingenieurgeodaesie**. Grundlagen. Moeser, Mueller, Scslemmer, Werner (Hrsg), 3.; Voellig Neugerbitet und eveiterte Auflage. 2000.

NIEMEIER, W. **Aungleichungsrechnung**. De Gruyter Lehrbuch. 2002

NIEMEIER, W. **Netzquaitat und Optimizationung**. Pelzer(Ed.): Geodaestische Netze II. Wittwer verlage,Stuttgart. 1985.

PARMA.G.C.; GALDINO. C.A.P.M.; NETO.M.P.S.; PHILIPS. J. **Propagação de erros nos levantamentos cadastrais**. COBRAC 2002 · Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. UFSC Florianópolis. 2002. Acesso em 03/02/2008.Disponívem em <http://geodesia.ufsc.br/Geodesia-online>.

SANTOS JUNIOR, G. **Rede Gravimétrica: Novas Perspectivas de Ajustamento, Análise de Qualidade E Integração de Dados Gravimétricos**. Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ciências Geodésicas, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas. UFPR. Curitiba. 172P. 2005.

SANTOS, M.C. dos. **Estabilidade das Estruturas Geodésicas**. UFPR/ setor de Ciências da Terra. Curitiba. 1999. 79p.

SEEBER, G. **Satellite Geodesy: Foundations, Méthodds and Applications**. Berlin, New York: walter de Gruyter, 2003.

SOUZA, G.C. **Análise de Metodologia no Levantamento de dados Espaciais para o Cadastro Urbano**. Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos – USP. 122 P. 2001.

SCHÖDLBAUER, A. **Bezugssysteme und Koordimatentransformationen fuer geodätische und**

navigatorische Arbeiten mit dem global Positioning System. In: Das Global Positioning System im praktischen Einsatz der Landes-und Ingenieurvermessung. Schriftreihe des Studienganges Vermessungswesen an der Universitaet der Bundeswehr, Muenchen 1993.

TORGE, W. **Geodaesie**, 2. Auflage, de Gruyter Lehrbuch. 2003 Berlin.

TEIXEIRA, N.N.; FERREIRA, L.D.D. Análise da Confiabilidade de Redes Geodésicas. Boletim de Ciências Geodésicas. V.9. 2003.

USDA e USDI. **Standards and Guidelines for Cadastral Surveying Using Global Positioning System Methods**. Version 1.0. Washington: Departament of Agriculture - Forest Service United States of the Interior – Bureau of Land Mangament. 2001. Acessado em 8/11/2006. Disponível em <http://www.fig.net>.

WOLF, P. R.; GHILANI, C. D.: **Elementary Surveying: An Introduction to Geomatics**. 3th. New York: John Wiley & Sons Inc., 2006. 564p.