

GEOTECNOLOGIAS: DISCUSSÕES E ANÁLISES A RESPEITO DA EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS GLOBAL DE NAVEGAÇÃO POR SATÉLITES - GNSS

Geotechnologies: discussion and analyses about evolution of Global Navigation Satellite System - GNSS

Bruno Zucuni Prina¹, Romario Trentin²

¹Mestrando em Geografia, Departamento de Geociências, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil

²Doutor em Geografia, Departamento de Geociências, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil

Resumo

Esse trabalho possui o intuito de realizar um ensaio teórico a respeito do conceito e das aplicações inerentes às “geotecnologias”, com foco principal ao Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS). Objetivou-se em construir um conteúdo bibliográfico o mais completo possível, pesquisando informações inerentes a evolução geotecnológica. Assim, a justificativa dessa pesquisa é a de gerar um material amplo e completo para identificar a evolução das geotecnologias (com ênfase ao posicionamento por satélites), bem como assinalar as principais aplicações e contribuições dessa temática à sociedade. A partir das etapas metodológicas implantadas nesse trabalho, definiram-se os distintos pontos de vista a respeito do assunto, podendo caracterizar a evolução histórica das geotecnologias, bem como suas principais aplicações. Destarte, conclui-se que as geotecnologias estão em plena ascensão, e, que o GNSS é uma área riquíssima de aplicações, as quais corroboram com ser humano, com o desenvolvimento de vários setores da sociedade..

Palavras-chave: Geotecnologias. GNSS. Geografia.

Abstract

This paper has the aim of to perform one theoretical review about the concept and applications the “geotechnologies” with a focus main to Global Navigation Satellite System. This study aimed to in build an full bibliographic content researching information about the evolution of geo-technologies. Thus, the justification this research is to generate a broad and complete material to identify the evolution of geotechnologies (with emphasis on satellite positioning) as well as identify the main applications and contributions this theme to society. From the methodological stages implemented in this paper, are defined distinct views about the subject, may characterize the historical evolution of geotechnologies, as well as its main practical applications. Thus, was concluded the geotechnologies are fully rising and, that GNSS is amazingly rich area of applications, which corroborate with humans with the development of various sectors of society.

Keywords: Geotechnology, GNSS, Geography.

1 Introdução

Nota-se a grande ascensão das geotecnologias nos últimos anos, e, inúmeros setores da sociedade, a cada dia, envolvem-se com uma maior frequência a este ramo, gerando, até mesmo, uma dependência tecnológica. Cita-se, ainda, que incontáveis são os campos que, hoje, são dependentes dessa demanda tecnológica, algumas com um maior grau de rebuscamento informativo-tecnológico, com ênfase aos sistemas aéreos e náuticos, por exemplo, e outras com estruturas simples, porém eficientes, como os caixas eletrônicos em supermercados. Assim sendo, desfruta-se a inerência do conhecimento geográfico como estrutura-base dessa evolução, destacando, que, por meio da evolução das bases epistemológicas geográficas, levou-se o entendimento teórico de várias definições e aplicações aglutinadas ao mundo atual.

Conforme explicita Melo e Oliveira (2009, p. 2) entre as ramificações científicas, destaca-se, como uma das mais importantes, a Geografia, pelo fato de ser uma entre as “disciplinas que faz parte do currículo da educação básica brasileira e tem nas mais variadas tecnologias produzidas para a análise espacial, um de seus mais clássicos temas para a apropriação e reflexão da relação homem/natureza”.

Fitz (2008 apud MELO e OLIVEIRA, 2009) expõe que as geotecnologias são conceituadas como as novas tecnologias as quais estão enleadas às áreas afins à geociência, gerando aos seus usuários ações de planejamento, processos de gestão, manejo, entre outros. Ainda, com foco ao conceito de geotecnologias, Rosa (2006 apud MELO e OLIVEIRA, 2009) salienta que um sinônimo à terminologia é dado como “geoprocessamento”, integrando um vasto conjunto de tecnologias para diversificados processos, entre eles: coleta, processamento e análise de dados. Rosa (2006 apud MELO e OLIVEIRA, 2009) ainda informa que dentre as geotecnologias, cita-se, como as de maiores destaques: os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), o sensoriamento remoto e o sistema de posicionamento global por satélites; essa última é base a este trabalho, e será tratada com maior ênfase. Referente a esse assunto, argumenta-se que um autor de pleno destaque na área das geotecnologias é o Doutor Gustavo Daniel Buzai, porém suas obras, até o momento, não foram recordadas, visto que as mesmas disponham de grandes aprofundamentos teóricos, e, será necessário uma maior demanda de tempo para analisá-las.

Conforme apresentado por Câmara e Monteiro (2000) a integração de dados perante o uso de tecnologias inovadoras é uma das hipóteses para a solução da geoinformação, e, não apenas o uso de SIGs comerciais, pois, os mesmos, são limitados a visualização de mapas.

Visto a importância de estudar as relações inerentes entre “homem” e “meio”, evidenciou-se nesse trabalho, em enfatizar os conceitos tangentes às geotecnologias (sua evolução) com destaque ao Sistema Global de Navegação por Satélite, ou do inglês *Global Navigation Satellite System* (GNSS), atrelando, assim, suas principais características, sua evolução e demonstração das principais aplicações, as quais colaboram decisivamente para a evolução de vários setores da sociedade, com a finalidade de estudar e controlar, por exemplo, o meio (para analisar os problemas ambientais).

Portanto, salienta-se que o problema desse trabalho está contido na resolução da seguinte questão: “*Como ocorreu a evolução das geotecnologias, com ênfase ao Sistema Global de Navegação por Satélite, e quais suas principais aplicações?*”

Justifica-se, desse modo, em realizar uma vasta revisão da literatura a fim de identificar os fatores que contribuíram para a evolução tecnológica, incluso nas distintas escolas geográficas, bem como identificar as principais aplicações e contribuições do GNSS para com o homem. Ainda, justifica-se em gerar um material amplo e completo para identificar a evolução das geotecnologias (com ênfase ao posicionamento por satélites).

O objetivo geral do trabalho é identificar, analisar e caracterizar a evolução das geotecnologias, enfatizando o GNSS e seus usos. Especificamente tem-se o objetivo de:

- Realizar análises tangentes a evolução geotecnológica, nas distintas escolas geográficas;
- Enfatizar a evolução do sistema de posicionamento por satélites e caracterizá-la;
- Destacar as principais aplicações dessa tecnologia.

2 Metodologia

A fim de identificar os procedimentos teórico-práticos implementados nesse trabalho, os mesmos, a seguir, estarão endereçados cronologicamente.

Inicialmente realizou-se a leitura de diferentes fontes bibliográficas, como por exemplo: livros, sites, periódicos, etc.

Por seguinte, uniram-se as principais informações a fim de explicitar das mais variadas formas a evolução geotecnológica, enfatizando, o GNSS e suas aplicações.

A análise bibliográfica foi hierarquizada em três etapas: 1) primeiro havendo uma contextualização da história e evolução geotecnológica (Geografia Quantitativa, evolução do geoprocessamento, associação da evolução tecnológica a geográfica, evolução geotecnológica dentro das escolas geográficas); 2) por segundo com o desenvolvimento e com a historiografia dos sistemas de posicionamento global (métodos de posicionamento de antigamente, evolução dos métodos (por meio das navegações), os primeiros sistemas de posicionamento, o GPS, o GLONASS, o Galileo, o Compass, cronologia temporal a evolução desse sistema); 3) e por fim com alguns usos e aplicações dos sistemas de posicionamento global (aviação, controle de *icebergs*, Georreferenciamento de Imóveis Rurais).

Para atingir determinada meta, entre as várias bibliografias utilizadas, destacam-se as de Robinson et al. (1995), Câmara e Monteiro (2000), Câmara, Monteiro e Medeiros (2001), Kavanagh (2003), Miranda (2005), Leite e Rosa (2006), Monico (2007) e Melo e Oliveira (2009). Ainda, utilizou-se da norma técnica do INCRA (NTGIR, 2010) e da revista MundoGEO.

3 Resultados e Discussão

3.1 Contextualização historiográfica das geotecnologias

Câmara e Monteiro (2000), afirmam que a geoinformação pode ser uma grande solução ao planejamento municipal, pois, dessa forma, muitos setores públicos podem dispor de sistemas eficientes ao planejamento, e assim, haverá formas de atualização do cadastro municipal, sendo um ato extremamente inteligente à administração pública. Ainda, destaca-se que haverá o conhecimento do território por parte dos administradores e da população (com sistemas de informações públicos, via internet, por exemplo).

Por meio de Melo e Oliveira (2009, p. 10) fica claro, por mais que esteja resumido, a evolução e as bases epistemológicas (iniciais) geográficas no desenvolvimento das geotecnologias, conforme destacado no trecho a seguir:

Na geografia, muitas inovações na aplicação de tecnologias da informação começaram, desde o final da década de 1950, com a emergência do Paradigma da Geografia Quantitativa e o desenvolvimento de métodos de modelagem matemática e estatística; em meados da década de 1970 até o início dos anos de 1990 foi um período de experimentação para verificação das possibilidades de aplicação das inovações. Dessa forma, o primeiro software comercialmente disponível para SIGs ficou acessível aos usuários no final da década de 1970 e estimulou muitas experiências, assim como a disseminação dos microcomputadores no início da década de 1980. De qualquer forma, desde esse período muitas transformações vêm ocorrendo no mundo em geral, requerendo novas posturas por parte da escola e do ensino, para acompanhar tais mudanças (MELO E OLIVEIRA, 2009, p. 10).

Referenciando essa evolução no transcorrer do tempo, Leite e Rosa (2006) assinalam que nos 70, com a Geografia Quantitativa, houve um grande salto técnico, com o aperfeiçoamento do geoprocessamento, com ênfase as suas inúmeras ferramentas, as quais, com o perpassar do tempo foram e estão sendo desenvolvidas. Evidenciando, ainda, a importância desse período técnico Câmara, Monteiro e Medeiros (2001, p. 87) denotam que

Com a escola quantitativa, os estudos geográficos passam a incorporar, de forma intrínseca, o computador como ferramenta de análise. Neste sentido, o aparecimento, em meados da década de 70, dos primeiros sistemas de informação geográfica (GIS), deu grande impulso a esta escola. Ainda hoje, em países como os Estados Unidos, em que a Geografia Quantitativa é a visão dominante, os GIS são apresentados como ferramentas fundamentais para os estudos geográficos, como indica o recente estudo da “*National Academy of Sciences*” (*National Research Council*, 1997).

Conforme explicitado, a década de 70 foi a de maior ascensão aos SIGs, porém, deve-se destacar que o aprendizado do geoprocessamento não foi tão incentivado, mesmo que houvesse uma grande motivação comercial da área.

Relacionando e contextualizando a profunda evolução tecnológica, Leite e Rosa (2006, p. 180), explicitam que

O processo de evolução tecnológica vivenciado nos últimos anos tem sido inigualável a qualquer outro. As descobertas científicas realizadas na segunda metade do século XX e início do século XXI tem proporcionado avanços em todas as áreas do conhecimento científico.

Ainda Leite e Rosa (2006, p. 180) associam a evolução tecnológica à ciência geográfica, explicitando que

[...] as transformações ocorridas durante e depois da Segunda Guerra provocaram uma nova visão dessa ciência. As teorias sobre a deriva dos continentes, às várias transformações geopolíticas ocorridas no mundo, o processo de urbanização cada vez crescente em todo o planeta, a Revolução Verde, a problemática ambiental, são entre outros fatos, exemplos das mudanças ocorridas no mundo.

Historicamente, destaca-se, que a partir da Segunda Guerra Mundial, que perdurou entre os anos de 1939 a 1945, que ocorreram múltiplas mudanças no cotidiano do ser humano e no seu espaço local vivido, seja esse local participante (direta ou indiretamente) ou não desse evento catastrófico à humanidade. Salienta-se que esse é um período de grande importância no âmbito científico, pois, muitas evoluções ocorreram visando o aperfeiçoamento militar. Leite e Rosa (2006) salientam que a geografia foi um dos ramos que propagou as maiores evoluções, visto a sua demanda para o planejamento estratégico militar. Dentre os avanços da geografia nessa época, cita-se “o uso de tecnologia aplicada ao reconhecimento do território” (LEITE e ROSA, 2006, p. 181).

Ainda, no que tange as evoluções geográficas nesse período, tem-se como o auge da transmutação o “surgimento de uma nova corrente geográfica chamada, nos países de língua inglesa de “*New Geography*” (nova geografia) e no restante do mundo de Geografia Quantitativa”. (LEITE e ROSA, 2006, p. 181). Por meio da metodologia de Leite e Rosa (2006) denota-se que essa corrente era perfeitamente contraposta a escola que desde então havia, a Geografia Tradicional. Os mesmos autores parafraseiam Milton Santos evidenciando que esse período foi denominado como um episódio de “renovação do após Guerra”. A fim de contextualizar esse período, Leite e Rosa (2006, p. 181) explicam que

A Geografia Quantitativa representando o novo modelo de revolução da Ciência Geográfica surgiu na escola anglo/saxônica. Adotando o neopositivismo como base filosófica, essa nova corrente aplicou a matemática nos estudos geográficos, pois acreditava tornar a Geografia mais precisa. A teoria de sistemas e dos modelos, além do uso abusivo da estatística foram as grandes características da Geografia Quantitativa.

Leite e Rosa (2006, p. 181) ainda contextualizam as desaprovações referentes a essa escola geográfica, explicitando que

A grande crítica feita a essa Geografia estava relacionado ao seu caráter capitalista e segregacionista, haja vista que a aplicação de tecnologias, destacando o emprego da computação e a criação de tipologia de padrões espaciais, não estava acessível a todos, pelo contrário era concentrado nas mãos de poucos, principalmente dos Estados Unidos, os grandes idealizadores dessa nova geografia

Para enfatizar a importância desse período à evolução geográfica, Leite e Rosa (2006, p. 181) ainda salientam que apesar das críticas

[...] vale ressaltar que a grande maioria tem fundamento, a Geografia Quantitativa deixou algo para o desenvolvimento da Ciência Geográfica. Para se ter um banco de dados geográficos no computador e transformá-lo em estatísticas representadas espacialmente em um mapa seria necessário desenvolver uma tecnologia nova para tanto, dessa interrelação entre computação e matemática é que temos a origem do geoprocessamento. Assim podemos dizer que o Geoprocessamento foi a grande herança deixada pela Geografia Quantitativa para as outras correntes da ciência geográfica.

Resumidamente, contextualiza-se a evolução geotecnológica, dentro das escolas geográficas, por meio do trabalho de Câmara, Monteiro e Medeiros (2003), assim, de forma resumida, abaixo, destacaram-se as principais analogias apresentadas pelos autores de cada período.

- **Geografia Regional** - Harthorne (1966): nesse período foi imposta a definição de “unidade-área”, a qual é definida como sendo um elemento básico da sistematização de estudos geográficos. Identifica-se que esse conceito está intimamente ligado a escala de trabalho e em função do objeto de estudo, podendo, ainda, ser caracterizado por uma porção do espaço geográfico.
- **Geografia Quantitativa** - Harvey (1969) e Chorley (1967): nesse período, houve a implantação do método denominado hipotético-dedutivo, no qual, foi amplamente utilizado em outros ramos (como na Física, Química e Biologia) para contextualizar os estudos geográficos. Ainda, deve-se destacar que com a Geografia Quantitativa foi definida a ideia de construção de sistemas, os quais eram caracterizados de forma conceitual, porém, deveriam ser verificados e validados a campo, por meio de técnicas estatísticas. Assim, esclarece-se que as técnicas de análise espacial e da geoestatística, receberam um grande destaque no ambiente geográfico.
- **Geografia Crítica** - Santos (1978, 1985, 1996), Castells (1999) e Harvey (1989): Há a implementação da Geografia Crítica pelo fato, de que a escola anterior (Quantitativa) não conseguia (com as técnicas daquela escola) explicar os processos sócio-econômicos das distribuições espaciais. Há várias contribuições nesse período, assim, destacam-se as inferências de Santos (1985) o qual explicita que deveriam ser definidos os conceitos de forma, função, estrutura e processo como os explicáveis para a organização do espaço geográfico. Assim, infere-se que dentre os desafios da ciência da geoinformação, está a combinação das interações espaciais juntamente com os modelos de escalas locais.

Deve-se esclarecer que as bases conceituais geotecnológicas, com ênfase ao geoprocessamento, não são plenamente sólidas com fundamentações teóricas claras e unânimes entre os pesquisadores, pois, há uma teorização explicitamente empírica, e, inúmeras vezes contraditórias (CÂMARA, MONTEIRO e MEDEIROS, 2003).

3.2 Desenvolvimento e historiografia dos sistemas de posicionamento global

O homem sempre teve o instinto de saber a sua localização, antigamente, a principal forma de proceder desse artifício, era através dos satélites naturais, porém a determinação acurada de sua posição sempre foi um grande desafio (MONICO, 2007). A partir das grandes navegações, o homem passou a depender do ato de se localizar na superfície terrestre. Inicialmente a forma mais utilizada era através do sol, da lua e das estrelas, porém as condições climáticas eram os principais obstáculos nesse processo (DOTTORI e NEGRAES, 1997 apud MONICO 2007). Numa etapa posterior, surgiu a bússola, com méritos aos chineses, os quais inventaram um instrumento de revolução à navegação. Sabe-se que os problemas não pararam por aí, muitas outras dificuldades ainda haviam, como por exemplo, tentando buscar uma solução para o seguinte questionamento: “Como que os navegantes poderiam saber a localização de uma determinada embarcação em alto mar?” (MONICO, 2007).

As invenções foram se aprimorando, até que surgiram equipamentos baseados em ondas de rádio, como por exemplo: o *Low frequency continuous wave phase comparison navigation* (Decca), o *Long-Range Navigation System* (Loran) e o *Global low frequency navigation system* (Omega). Após essa etapa, surgiu o *Navy Navigation Satellite System* (NNSS), também denominado *Transit*, o qual era baseado por satélites artificiais e funcionava através da técnica denominada de Efeito *Doppler* (SEEBER, 1993 apud MONICO 2007). O Efeito *Doppler* pode ser caracterizado como uma frequência real (emitida por uma fonte) que é diferente da denotada por um observador (DIAS, s. d.).

A solução para os problemas de posicionamento surgiu, de fato, na década de 1970, quando os americanos lançaram a proposta do *Navigation System with Timing and Ranging* (NAVSTAR) *Global Positioning System* (GPS). Essa foi uma etapa que marcou a história da navegação, pelo fato de que revolucionou, praticamente, todas as atividades que dispunham do interesse de determinar posições no espaço. Destaca-se que os russos, em paralelo aos americanos, desenvolveram um sistema muito similar ao GPS, o qual foi denominado de *Global Orbiting Navigation Sattelite System* - GLONASS (MONICO, 2007).

Com isso, as atividades de posicionamento estão em plena ascensão, visto que as duas constelações já citadas estão passando por uma modernização, e em paralelo novas constelações estão sendo lançadas ao espaço, como é o caso do Galileo (sistema europeu) e do *Beidou*, ou *Compass* (sistema chinês) (MONICO, 2007).

Assim, tem-se como objetivo principal do GNSS, a determinação de coordenadas para objetos posicionados na superfície terrestre. Visto que o ser humano sempre buscou solucionar esse problema científico, pois sua curiosidade sempre foi extrema a respeito de saber sua localização, bem como a de outras feições terrestres (MONICO, 2007, p.29).

O GNSS é o sistema de posicionamento mais empregado entre os métodos geodésicos, topográficos, aerofotogramétricos, de navegação marítima e aérea, além de envolver a maioria dos dados que possuem coletas de informações a campo na área do geoprocessamento (IBGE). Entre outras aplicações, explicita-se a grande importância do uso do GNSS para estudos e mapeamentos de desastres naturais, com destaque à espacialização de eventos e identificação dos locais de riscos (ROBAINA e TRENTIN, 2013).

Alerta-se que conforme trabalhos já executados, ao processarem-se as informações referentes aos dados GNSS, os mesmos podem atingir precisões mínimas em baixos tempos de coleta, conforme a pesquisa de Prina, Carvalho e Elias (2013). Alerta-se, que trabalhos realizados com a referida tecnologia, em certas ocasiões, as informações geográficas coletadas podem repassar por inúmeros procedimentos que afetem a qualidade final dos pontos. Tais erros podem ser encontrados por meio da metodologia de Monico (2007). E, um exemplo, de trabalho que evidencia erros em dados coletados pode ser analisado em Prina et al. (2013).

Especificando as informações de cada uma das constelações, inicialmente, destaca-se as informações referentes ao NAVSTAR-GPS, ou Sistema de Posicionamento Global, no qual consiste na união de 24 satélites que realizam órbitas (duas por dia) ao redor da Terra, com trajetórias precisas proporcionando a localização terrestre. Através da interação dos satélites no espaço é possível ser

obtido informações de posições desconhecidas na Terra, adquirindo a localização terrestre instantânea (posição e velocidade) (MIRANDA, 2005).

Sabe-se que a precisão e acurácia do posicionamento por GPS é baseado nas efemérides de cada ponto, para que assim, haja a interação da descoberta em tempo real, da posição do ponto em questão (KAVANAGH, 2003).

Para haver a interação dos satélites da constelação GPS juntamente com seus receptores, ou seja, para existir o cálculo da posição adequada de um ponto na superfície terrestre, as coordenadas espaciais são obtidas baseando-se nas efemérides transmitidas pelos satélites conforme um algoritmo previamente definido. As efemérides definem a posição de um objeto no espaço (satélite). A partir dessa análise, há a triangulação das localizações entre o satélite, o seu receptor de sinal e o centro da Terra, resultando nas coordenadas geográficas (latitude, longitude, altura) de qualquer ponto da superfície terrestre. Sabe-se que para uma melhor coleta de dados, faz-se necessário haver a interação do receptor de sinal GPS com pelo menos três satélites, dessa forma, os dados obtidos terão uma melhor precisão e acurácia (MIRANDA, 2005). Precisão é a proximidade dos valores a partir de uma série de repetições de um evento. Já acurácia é a proximidade dos valores à verdadeira estimativa da variável. Mais informações consultar Monico et al. (2009).

O sinal GPS é transmitido através de códigos e fases das ondas portadoras, podendo, assim, haver a interação com receptores desse sinal extraindo suas informações transmitidas. Para haver essa interação é necessário que o receptor de sinal GPS esteja visível para no mínimo quatro estações orbitais (SÁ, s.d.).

É possível, através desse sistema de navegação, a aquisição de informações sobre a localização geográfica em qualquer lugar da superfície terrestre, sendo disposta essa informação a qualquer hora do dia.

A constelação GPS é formada por três segmentos: espacial, de controle e utilizador. O espacial é distribuído em seis planos orbitais e contém no mínimo 24 satélites, distribuídos em 4 satélites por órbita, separados de forma idêntica, estando a uma altitude média de 20.200 km. Os planos orbitais possuem uma inclinação de 55° relacionadas ao Equador e seu período orbital é de 12 horas siderais (MONICO, 2007). O segmento de controle responsabiliza-se em realizar o monitoramento e controle do sistema de órbita dos satélites, prever as efemérides (calculando as correções dos relógios dos satélites) e atualizar as mensagens de navegação de cada satélite de forma periódica. Este segmento é composto por cinco estações de monitoramento (*Hawaii, Kwajalein, Ascension Island, Diego Garcia e Colorado Springs*), sendo que há três delas que realizam a transmissão de dados aos satélites e uma estação é nominada como a de controle central (MONICO, 2007). Por último, temos o segmento de utilizador, ou de usuários, no qual está diretamente ligado aos receptores GPS, os quais são adequados para suas relativas finalidades (geodésia, navegação e agricultura) (MONICO, 2007).

Sabe-se que essa tecnologia originou-se para fins militares, para haver um melhor conhecimento do posicionamento real dos campos de batalha. Através dessa tecnologia, várias áreas beneficiaram-se, entre elas, a aviação, o automobilismo, a navegação e as linhas férreas. Hoje, temos o sinal GPS até mesmo em celulares, disposto em *chips*, estando encaixado na microinformática (KAVANAGH, 2003). Dessa forma, é clara a grande evolução do sistema.

Outro sistema de posicionamento que deve ser apontado ao referenciar a palavra GNSS é o GLONASS. Essa constelação foi idealizada pelo Governo da União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), ela possui 24 satélites espaciais em três órbitas planas de 11 horas e 15 minutos (ROBINSON et al., 1995). Ela é muito similar ao GPS, o seu motivo de existência foi para solucionar e proporcionar o posicionamento 3D e ter velocidade. O GLONASS surgiu no ano de 1970, porém ficou operacional apenas no final de 1995. A sua composição de satélites, desde seu lançamento, foi sendo reduzido, fato explicado pelo não lançamento de satélites reservas, os quais deveriam substituir os mais antigos. Em 2005, a constelação constava com apenas 12 satélites, se bem que em alguns momentos esse número foi até menor (MONICO, 2007). O GLONASS, assim como o GPS, contém três segmentos, apesar de que o de usuários é bem mais reduzido em comparação ao GPS (MONICO, 2007). Apesar de o GLONASS ter atravessado nos últimos anos por uma série de perdas de satélites (perda motivada pela vida útil de um satélite), ele vem se recuperando, e há indícios de que essa

constelação crescerá mais ainda, bem como haverá uma modernização nesse sistema. Para reforçar essa afirmativa, há a expectativa quanto ao lançamento de novos satélites (MONICO, 2007). Verifica-se, que conforme o exposto por Prina, Sá e Carvalho (2012) ao utilizar dos dados da constelação GLONASS conjunto à GPS, há uma melhora de cerca de 70% nas precisões horizontais e de aproximadamente 50% na vertical.

Ainda, pode-se destacar, como outro sistema que aos poucos vem obtendo seu espaço no “mundo do posicionamento”, o Galileo, que é uma versão do GNSS desenvolvido na União Europeia (UE), na qual teve origem no ano de 1999, fundamentado em ideias desenvolvidas pelo Fórum Europeu do GNSS (MONICO, 2007). Este sistema será independente, porém compatível com o GPS e o GLONASS, além de ser um sistema global e aberto para o controle civil.

Por fim, como último sistema de navegação por satélites a ser explicitado, destacar-se-á o *Compass*, o qual é o sistema do Governo da República Popular da China. Apesar de a China ter sido um povo de grande destaque nas grandes navegações, inventando a bússola, ela lançou apenas em 2007 o seu quinto satélite, construindo o seu sistema GNSS, o *Compass* ou, também nomeado como *Beidou*. Porém, desde 1983 que os chineses vêm desenvolvendo esse sistema (MONICO, 2007). Tal sistema começou a ser operacional no ano de 2008, entretanto, este sinal é está disponível exclusivamente ao povo chinês e para algumas regiões vizinhas (MONICO, 2007).

No que tange ao assunto referente ao GNSS, deve-se, enfatizar os métodos de posicionamento por satélite, ou seja, as formas de coleta de dados. Antes de verificarem-se esses conceitos, deve-se analisar que o Posicionamento Relativo é aquele em que se usam dois receptores de GPS (no mínimo). Um sendo a base (que estará fixada numa posição pré-definida) e o outro será o receptor de coleta de informações. A partir dessa interação é possível determinar as linhas-bases com suas determinadas correções (Δx , Δy , Δz), os desvios padrões entre as estações. Há essa interação para que possamos definir o verdadeiro posicionamento de cada ponto, ou seja, para podermos realizar o ajustamento de cada ponto, bem como da própria base (KAVANAGH, 2003).

O posicionamento relativo estático pode ser caracterizado como: “dois ou mais receptores rastreiam simultaneamente os satélites visíveis, por um período de tempo que varia de acordo com o comprimento da linha de base e a precisão requerida [...]” (NTGIR, 2010, p. 34). Para realização deste tipo de posicionamento, o receptor deve coletar informações por um período de no mínimo 20 minutos, visto que quando possuímos valores abaixo desse, o posicionamento chamar-se-á de relativo estático rápido. Esse método é muito aplicado em geodésia, para determinação de pontos com alto grau de acurácia e precisão, visto que nesse processo há uma forma de estimar o erro do relógio pelo satélite, através das pseudodistâncias, melhorando os resultados de forma significativa. Este método é aplicado no pré-processamento (MONICO, 2007).

Já o posicionamento relativo estático rápido possui as mesmas características do anterior, porém difere no tempo de ocupação (cerca de 5 a 20 minutos). O comprimento da linha de base deverá ser no máximo de 20 quilômetros, para que seus dados sejam acurados e precisos (NTGIR, 2010), visto que as que tiverem até 10 quilômetros possuirão dados muito mais acurados e precisos (MONICO, 2007). Usa-se este tipo de posicionamento para trabalhos que se deseja obter uma alta produtividade, sendo que se utilizam receptores de simples (L1) ou de dupla (L1 e L2) frequência (MONICO, 2007). Para haver resultados com razoáveis precisões, necessita-se que cada vetor de ambiguidade das linhas-base deva ser solucionado, ou seja, que sejam fixados (MONICO, 2007).

Consequente, o posicionamento relativo semicinemático, também conhecido como “*stop and go*”, é um tipo de levantamento em que suas coordenadas são determinadas de forma rápida, com uma linha-base com no máximo 20 quilômetros (NTGIR, 2010). Este posicionamento baseia-se, inclusive, na solução do vetor das ambiguidades presentes nas linhas de base de cada vértice. Esse método também é conhecido como pseudoestático (GOAD, 1996 apud MONICO, 2007).

Outro método de exercer um posicionamento é por meio do relativo cinemático, o qual tem como observável básica a fase da onda portadora, e este método de posicionamento “consiste em determinar um conjunto de coordenadas para cada época de observação, onde um receptor ocupa a estação de referência enquanto o outro se desloca sobre as feições de interesse” (NTGIR, 2010, p. 35). Salienta-se, ainda que a linha-base, nesse método, deve ter no máximo 20 quilômetros. Para obterem-

se melhores precisões e acurácias de cada ponto, pode-se optar pelo uso das pseudodistâncias, para que haja a solução do vetor das ambiguidades (MONICO, 2007).

Visto a evolução dos métodos de obtenção de coordenadas com alto grau de confiabilidade, destaca-se o Posicionamento por Ponto Preciso (PPP) no qual é um método de posicionamento “baseado na correção pós-processada, e refere-se a obtenção da posição de uma estação através das observáveis fase da onda portadora coletadas por receptores de duas frequências e em conjunto com os produtos do IGS (*International GPS Service*)” (NTGIR, 2010, p. 35). Dado que este produto é ofertado pelo IBGE, em sua página da web. Analisa-se, que a metodologia de realização do PPP, é realizada por meio do aplicativo CSRS-PPP, desenvolvido pelo *Geodetic Survey Division of Natural Resources of Canada* (NRCAN), disponível no sítio: <<http://webapp.geod.nrcan.gc.ca/geod/>>. Esse tipo de posicionamento requer o uso das efemérides, bem como a correção dos relógios dos satélites (MONICO, 2007).

Similar aos destacados tem-se outro método de posicionamento extremamente preciso, porém muito mais ágil, o qual foi desenvolvido nos últimos anos, é o *Real Time Kinematic* (RTK), ou posicionamento cinemático em tempo real, o qual se baseia no posicionamento relativo cinemático, com solução em tempo real, sendo processada em receptores móveis, com os dados transmitidos por telemetria com o receptor estacionado sobre a estação base, cujas coordenadas são conhecidas (MONICO, 2007).

Por fim, enfatiza-se a respeito do Posicionamento diferencial em tempo real (*Differential GPS – DGPS / Wide Area DGPS – WADGPS*), o qual é caracterizado pelo NTGIR (2010, p. 36) como sendo um método que obedece:

o princípio do posicionamento diferencial consiste no posicionamento de uma estação móvel com o uso de correções diferenciais geradas na estação de referência e enviadas em tempo real por meio de um sistema de comunicação (rádio de transmissão, linha telefônica ou satélites de comunicação) e dentro de um formato apropriado, definido pelo *Radio Technical Commission for Maritime Services – RTCM*.

Monico (2007, p. 300) destaca que “o DGPS foi desenvolvido em razão da necessidade de reduzir os efeitos da disponibilidade seletiva imposta ao GPS no modo absoluto (SPS).” Sabe-se que essa técnica objetiva-se em melhorar a acurácia e a integridade do GPS. Integridade é a probabilidade de que a posição informada atenda às especificações estabelecidas (Monico, 2007, p. 300). Já o WADGPS, segundo Monico (2007, p. 310) “foi desenvolvido para que fossem reduzidas as deficiências inerentes ao DGPS, sem a necessidade de estabelecer grande número de estações.” A diferença perante o DGPS é que o WADGPS “proporciona um vetor de correções composto dos erros das efemérides e do relógio para cada satélite, além dos parâmetros inerentes aos efeitos ionosféricos e à refração troposférica” (MONICO, 2007, p. 310).

Para finalizar o entendimento gradual do GNSS, o Quadro 1, resume, por meio de uma cronologia temporal a evolução desse sistema, e, ao mesmo tempo, engloba algumas outras fases importantes na história do posicionamento global por satélites.

Ano	Informação
1960	Lançamento satélite <i>Transit</i>
1967	Lançamento do primeiro satélite <i>Timation</i>
1972	Projeto GPS completo, combinando Marinha, Exército, Aeronáutica
1973	Desenvolvimento do primeiro receptor GPS
1973	Proposição do Bloco I de Satélites GPS
1978	Primeiro lançamento GPS
1980	ESA (Agência Espacial Europeia) inicia estudos do NAVSAT, precursor do Galileo
1982	Primeiro lançamento GLONASS
1983	Primeiro processamento de dados na Universidade de <i>Bern</i>
1988	Primeira aerotriangulação com controle GPS, Universidade de <i>Stuttgart</i>
1990	Apresentação da estratégia para sistema de navegação civil pela ESA
1990	Implementação da S/A
1990	Início do desenvolvimento do WAAS
1993	RTK da <i>Trimble</i> oferece acuracidade centimétrica no posicionamento em tempo real
1994	Comissão Europeia propõe contribuição europeia para os sistemas de navegação por satélite, iniciativa que leva ao desenvolvimento do Galileo
1997	Primeiro levantamento GPS/GLONASS
2000	Desligamento da S/A
2002	Utilização dos serviços de localização de emergência em telefones celulares
2003	Programa Galileo aprovado
2004	Assinado acordo GPS-Galileo
2005	Lançamento primeiro satélite Galileo
2006	Lançamento dos satélites do Bloco IIF GPS
2007-08	Validação do sistema Galileo
2008-10	Capacidade operacional completa do Galileo

Quadro 1 – Evolução dos sistemas de navegação por satélites.

Fonte: Adaptado de Delazari (2005) – revista MundoGEO.

3.3 Usos e aplicações dos sistemas de posicionamento global

São ricas as quantidades de usos e aplicações que estão ligadas aos sistemas de navegação por satélites. A revista MundoGEO, por meio da autora Delazari (2005) destaca, como exemplos de aplicações do GNSS, o imposto a seguir:

Uma importante transação bancária realizada entre duas instituições financeiras de países diferentes não pode conter erros. Os relógios de ambas devem estar sincronizados para que a transação seja efetuada com sucesso. Este sincronismo é obtido através da utilização de sistemas de navegação por satélite, que permitem determinar o tempo de maneira extremamente precisa, na casa do nanosegundo. Esta é apenas uma das diversas aplicações não usuais do sistema de navegação por satélite, que inclui navegação marítima, segurança pessoal, agricultura de precisão, lazer, aviação civil, meio ambiente, além das já conhecidas áreas de levantamento e mapeamento.

Para prosseguir com os exemplos, citar-se-á uma aplicação, no mínimo, peculiar, no que tange a aviação. O exemplo é referenciado, por meio do sítio <<http://www.flightradar24.com/-29.68,-53.8/7>> da “*Flightradar24*”. Por meio dessa fonte informativa, é relatado a correlação existente entre os aviões, que fazem as mais variadas rotas na superfície terrestre, com sua localização precisa e acurada. Tal informação ocorre visto o uso de instrumento de posicionamento. A referida análise é constatada na Figura 1, a qual apresenta a correlação entre o avião (no céu), passando sobre a cidade de Santa Maria (mais precisamente no bairro Camobi), e a sua visualização instantânea na tela de um computador. O referido registro foi feito no dia 19 de maio de 2014, aproximadamente às 17 horas.

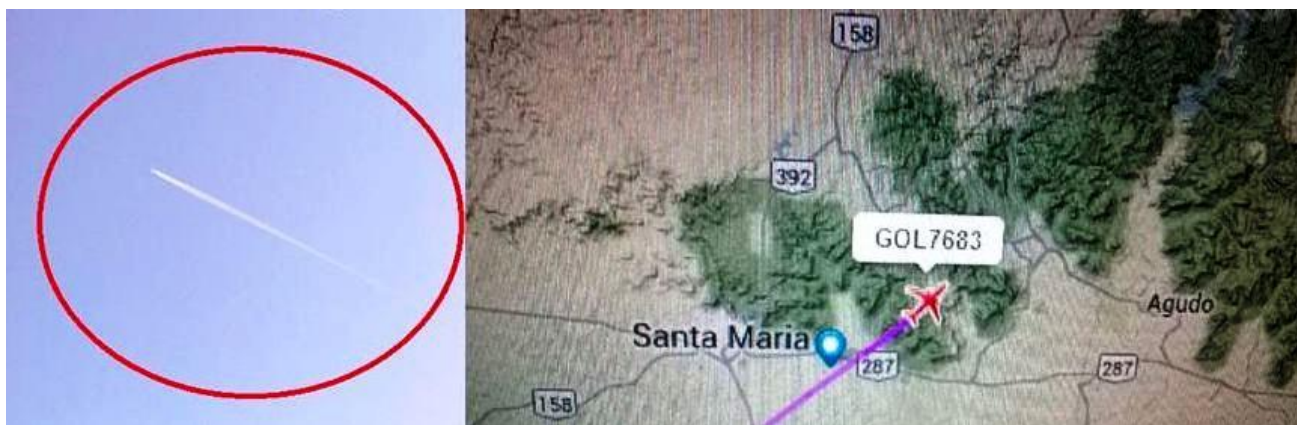


Figura 1 – Uso da tecnologia GNSS na aviação.

Fonte: Site *Flightradar24*. Organização: Prina, B. Z.

Sobrelevam-se, inclusive, as aplicações do GNSS na área do meio ambiente. Um exemplo é por meio do controle de *icebergs*, os quais são úteis para monitorar seu deslocamento, ainda, notificam-se os movimentos das placas tectônicas, sendo de grande utilidade na predição de terremotos. Outro fato de análise é relativo ao controle de animais, no sentido de supervisionar seus processos migratórios, por meio da implantação de minúsculos receptores em seu corpo.

Outro exemplo de uso e aplicação do GNSS é identificado no Georreferenciamento de Imóveis Rurais, no caso do INCRA. Nessa área, os profissionais cadastrados, realizam o levantamento topográfico georreferenciado das propriedades visando o cadastramento no órgão. Assim, deslumbra-se, que, o uso da tecnologia GNSS é demasiadamente imprescindível, pois, a tecnologia é utilizada para a delimitação dos vértices das propriedades. A fim de contextualizar os imóveis já certificados pelos profissionais juntamente ao INCRA, a Figura 2 ilustra a referida análise.

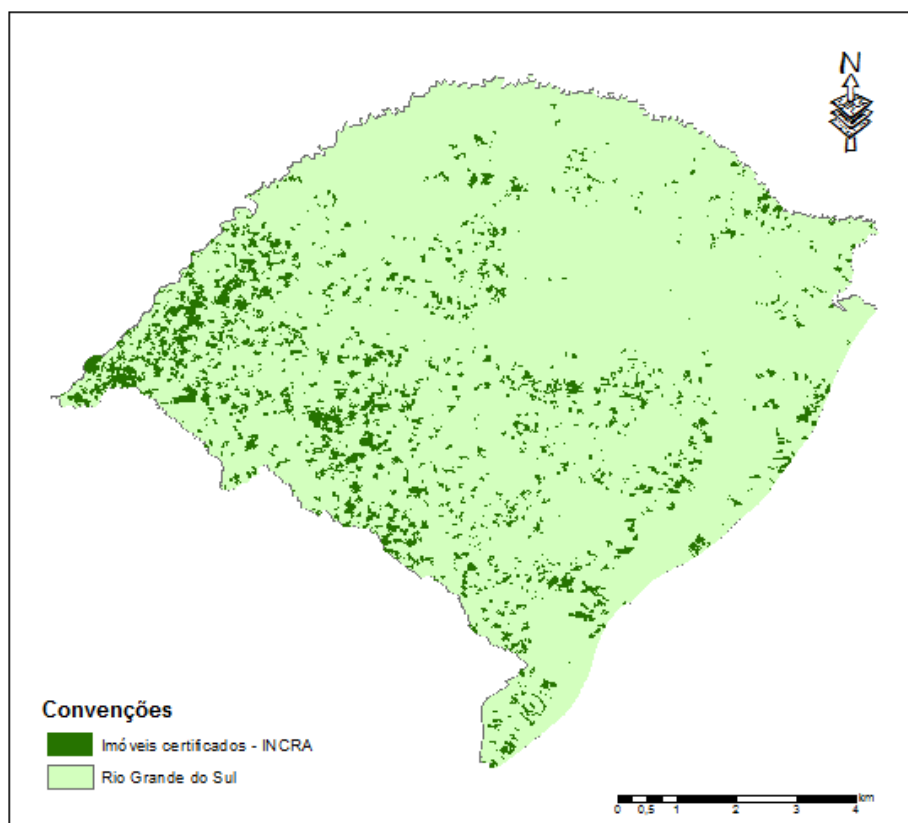


Figura 2 – Imóveis certificados no estado do Rio Grande do Sul - informações georreferenciadas obtidas via GNSS.

Fonte dos dados: I3Geo. Elaboração: Prina, B. Z.

Assim sendo, a fim de resumir algumas outras aplicações, citam-se: análises na navegação marítima (monitoramento de migração de peixes, levantamentos batimétricos visando uma maior segurança, etc.), na segurança civil (agilidade no combate a situações de riscos – deslizamentos, inundações, etc., e prevenção dos mesmos); agricultura de precisão (objetiva-se em minimizar os custos a fim de extrapolar o lucro, visando o mapeamento refinado das lavouras), etc.

4 Conclusões

Por meio da pesquisa realizada, constatou-se a grande operacionalidade e evolução das geotecnologias, enfatizando os sistemas de navegação por satélites, além disso, notificou-se as inúmeras implementações tecnológicas realizadas no transcorrer do tempo, com as distintas escolas geográficas.

Ainda, nessa pesquisa, destaca-se, que ocorreu uma plena conceituação do sistema GNSS, idealizando e diferenciando os sistemas (americanos, russo, europeu e chinês).

Salienta-se que a analogia realizada referente a evolução tecnológica nas distintas escolas geográficas, só foi possível, visto a pesquisa bibliográfica realizada e a absorção de vários conhecimentos, por parte do autor, nas aulas da disciplina “GCC 860 Epistemologia da Ciência Geográfica”, ministrada pela Professora Doutora Meri Lourdes Bezzi, no Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

Agradecimentos

Agradecemos a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão de bolsa de estudos ao primeiro autor.

Referências

- CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. **Geotecnologias em um Novo Paradigma de Desenvolvimento**. Divisão de Processamento de Imagens - INPE. NEPO/UNICAMP, Abril, 2000. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/geopro/apresentacoes/inpe_nepo.pdf>. Acesso em 20 jun.2014.
- CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V.; MEDEIROS, J. S. de. **Representações computacionais do espaço: fundamentos epistemológicos da ciência da geoinformação**. Geografia, Rio Claro, v. 28, n. 1, p. 83-96, jan/abr 2003. Disponível em <<http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/jeferson/2004/01.13.10.03/doc/1090-4458-1-PB%5b1%5d.pdf>>. Acesso em 18 jun.2014.
- DELAZARI, L. S. **GNSS muito além do mapeamento**. Revista MundoGEO, 30 de Junho de 2005. Disponível em: <<http://mundogeo.com/blog/2005/06/30/gnss-muito-alem-do-mapeamento/>>. Acesso em 21 jun.2014.
- DIAS, M. A. **Medindo a velocidade de um Fórmula 1 com o Efeito Doppler**. Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/anais/2009snef/MarcoAdrianoT0092-1.pdf>. Acesso em 26 mai.2014.
- i3GEO MMA. Disponível em: <<http://mapas.mma.gov.br/i3geo/mma/openlayers.htm?00blj6q782oe7krvbajlmm9ie6>>. Acesso em 21 jun.2014.
- IBGE. **Noções básicas de cartografia**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/manual_nocoas/introducao.html>. Acesso em 02 jun.2014.
- INCRA. **Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais (NTGIR)**. 2ª edição revisada, 2010. Disponível em: <<http://www.incra.gov.br/index.php/estrutura-fundiaria/regularizacao-fundiaria/certificacao-de-imoveis-rurais/file/119-2-edicao-revisada-da-norma-tecnica-para-georreferenciamento-de-imoveis-rurais>>. Acesso em 12 mai.14.

KAVANAGH, B. F. **Geomatics**. ISBN 0-13-032289-X. 2003 by Pearson Education Inc., Upper Saddle River, New Jersey 07458 - Holly Shufeldt, 2003.

LEITE, M. E.; ROSA, R. **Geografia e geotecnologias no estudo urbano**. CAMINHOS DE GEOGRAFIA - revista online. ISSN 1678-6343. Instituto de Geografia - Programa de Pós-graduação em Geografia. Disponível em: <<https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cad=rja&uact=8&ved=0CBwQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.seer.ufu.br%2Findex.php%2Fcaminhosdegeografia%2Farticle%2Fdownload%2F15396%2F8695&ei=t8uoU6ShCKbNsQSO8YDICA&usg=AFQjCNHLBimPyJkwWQcOs1YeNYcXrkXz8Q&sig2=7pKS0n-IlyAceXVd0eS3IA&bvm=bv.69620078,d.b2k>>. Acesso em 16 jun.2014.

MELO, J. A. B. de; OLIVEIRA, M. M. de. **Educação geográfica e geotecnologias: da reprodução à reconstrução do conhecimento na sala de aula**. 10º Encontro Nacional de Prática de Ensino em Geografia (ENPEG), Porto Alegre, 2009. Disponível em: <[http://www.agb.org.br/XENPEG/artigos/GT/GT4/tc4%20\(51\).pdf](http://www.agb.org.br/XENPEG/artigos/GT/GT4/tc4%20(51).pdf)>. Acesso em 04 jun.2014.

MIRANDA, J. I. **Fundamentos e Sistemas de Informações Geográficas**. Brasília/DF: Embrapa, 2005.

MONICO, J. F. **Posicionamento pelo GNSS - descrição, fundamentos e aplicações** (2ª edição ed.). São Paulo: Editora Unesp, 2007.

MONICO, J. F. G.; POZ, A. P. D.; GALO, M.; SANTOS, M. C. dos; OLIVEIRA, L. C. de. **Acurácia e precisão: revendo os conceitos de forma acurada**. Boletim de Ciências Geodésicas. ISSN: 1982-2170. Sec. Comunicações, Curitiba, v. 15, nº 3, p.469-483, jul-set, 2009.

PRINA, B. Z.; SÁ, R. G. C. de; CARVALHO, L. F. D. de. **Metodologia básica para obtenção de vértices do tipo "O" (offset) – norma técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais (NTGIR)**. 27ª Jornada Acadêmica Integrada - 2012.

PRINA, B. Z.; CARVALHO, L. F. D. de; ELIAS, A. R. **Analysis of post-processing signal receivers dual frequency GNSS, case study for small intervals of time collection**. Latin American Remote Sensing Week – LARS, Santiago/Chile, 2013.

PRINA, B. Z.; SÁ, R. G. C. de; CARVALHO, L. F. D. de; TRENTIN, R. **Altimetric measurement with alternative methods - using GNSS**. Latin American Remote Sensing Week – LARS, Santiago/Chile, 2013.

ROBAINA, L. E. de S.; TRENTIN, R (org.). **Desastres Naturais no Rio Grande do Sul**. ISBN: 978.85.7391-197-8, 376p. Editora UFSM. Santa Maria, 2013.

ROBINSON, A. H.; JOEL, L.; MORRISON, P. C.; KIMERLING, A. J.; GUPTILL, S. C. (1995). **Elements of Cartography**. EUA: John Wiley & Sons, Inc.

SÁ, N. C. **Elementos de Geodésia**. Disponível em: <<http://stoa.usp.br/geografia/files/-1/2651/Apostila+Elementos+da+Geod%C3%A9sia+1.pdf>>. Acesso em 01 jun. 2014.