

# A Geoinformação na Pesquisa em Geografia no Contexto do PPGG/UFRJ

## Geoinformation in Geography Research in the Context of the PPGG/UFRJ

Paulo Márcio Leal de Menezes<sup>i</sup>  
Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Rio de Janeiro. Brasil

Carla Bernadete Madureira Cruz<sup>ii</sup>  
Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Rio de Janeiro. Brasil

Manoel do Couto Fernandes<sup>iii</sup>  
Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Rio de Janeiro. Brasil

**Resumo:** A geoinformação sempre fez parte de nossa vida, acompanhando-nos em toda nossa evolução civilizatória. Atualmente, ela ganha destaque pois se apresenta como parte do cotidiano social, refletindo-se em diferentes cenários de planejamento e gestão nos mais diversos segmentos sociais, políticos, econômicos e ambientais. A necessidade da utilização de modelos de análise espaciais e temporais, inerentes à ciência geográfica, foi o atrativo para o desenvolvimento das pesquisas de geoinformação no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFRJ (PPGG/UFRJ). O presente artigo busca apresentar uma leitura histórica de pesquisas desenvolvidas no PPGG/UFRJ, resgatando os primeiros passos do geoprocessamento no Brasil, à luz de pesquisadores do PPGG, além de apresentar a contribuição de pesquisas na área da geoinformação que vêm sendo desenvolvidas ao longo dos 50 anos do programa. Como conclusão é apresentada uma reflexão sobre esse histórico e as perspectivas de consolidação do PPGG/UFRJ como um polo de pesquisas nacional e internacional da Geoinformação.

**Palavras-chave:** Geoinformação; Cartografia; Sensoriamento Remoto; Geografia; GIS-science.

**Abstract:** Geoinformation has always been part of our life and has accompanied us through our civilizational evolution. Currently, the importance of this perspective resides in its pervasive presence in everyday social life, as expressed in different planning and management scenarios involving the most diverse social, political, economic, and envi-

---

<sup>i</sup> Professor Titular. [pmenezes@igeo.ufrj.br](mailto:pmenezes@igeo.ufrj.br). <https://orcid.org/0000-0001-7049-7081>

<sup>ii</sup> Professora Titular. [carlamad@igeo.ufrj.br](mailto:carlamad@igeo.ufrj.br). <https://orcid.org/0000-0002-3903-3147>

<sup>iii</sup> Professor Titular. [manoel.fernandes@igeo.ufrj.br](mailto:manoel.fernandes@igeo.ufrj.br). <https://orcid.org/0000-0002-4500-0624>

ronmental dimensions. The need to use spatial and temporal analysis models, associated with geographic science, was the motivation for the development of geoinformation research within the scope of the Graduate Program in Geography at UFRJ (PPGG/UFRJ). This article seeks to present a historical reading of this kind of research developed within the PPGG/UFRJ, uncovering the first steps toward creating geoprocessing in Brazil, which actively involved PPGG researchers, in addition to presenting the significant contribution to studies in geoinformation developed over the last fifty year within the PPGG. In conclusion, a reflection is offered concerning the past trajectory of institutional consolidation as well as future perspectives for the PPGG/UFRJ as a national and international research center in Geoinformation.

**Keywords:** Geoinformation; Cartography; Remote Sensing; Geography; GIScience.

## Introdução

As primeiras tentativas de automatizar parte do processamento de dados com características espaciais aconteceram nos anos 1950, na Inglaterra e nos Estados Unidos. A disseminação das tecnologias de geoprocessamento pelo mundo é bem marcada a partir da década de 1970, entretanto, a década de 1980 representa um momento de crescimento acelerado, que perdura até os dias de hoje, sempre apresentando inovações. Desde essa época, a comunidade associada ao chamado geoprocessamento percorreu um longo caminho. Segundo Goodchild (1992), grandes programas de pesquisa e treinamento foram estabelecidos em vários países, novas aplicações foram encontradas, novos produtos surgiram de uma indústria que continua a se expandir a um ritmo espetacular, com melhoria contínua nos recursos das plataformas e novos conjuntos de dados significativos disponíveis.

Esse quadro é reflexo da necessidade cada vez mais premente da geoinformação no nosso cotidiano, assumindo papel imperativo em diferentes extratos sociais, econômicos e produtivos. É possível reconhecer a crescente presença da geoinformação na nossa vida, como é o caso da definição da rota para chegar em algum lugar, no aplicativo de transporte, no *delivery* de diferentes produtos, na tomada de decisões sobre estratégias no campo, no lançamento de foguetes, decisões de implantação de negócios, na geopolítica em escala global. E, mais do que isso, a geoinformação sempre fez parte de nossa vida, tendo nos acompanhado em nossa evolução civilizatória (CASTIGLIONE, 2009). O que muda é que seu uso se intensifica e sua abrangência é ampliada através das novas tecnologias, que nos inserem em um período em que se consolida através da maior parte do grande volume de dados que são gerados continuamente, período este denominado por Rodriguez (2015) como a Corrente Geoinformacional. Entretanto, não é só uma questão de volume e velocidade na geração de dados geoinformacionais que marcam o período atual, a variedade destes dados também é uma característica marcante. E estes 3 Vs (Volume, Velocidade e Variedade) configuram a assinatura do que viemos a traduzir como BIG DATA (LI et al., 2015).

Segundo Câmara e Davis (2001), a década de 1980 é o marco da introdução e disseminação do geoprocessamento no Brasil, com destaque ao trabalho desenvolvido

a partir de 1984 pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Ainda segundo Câmara e Davis (2001), a introdução do geoprocessamento no Brasil inicia-se a partir do esforço de divulgação e formação de pessoal feito pelo prof. Jorge Xavier da Silva (UFRJ), no início dos anos 80. Soma-se a esse esforço a vinda ao Brasil, em 1982, do Dr. Roger Tomlinson, responsável pela criação do primeiro SIG (o *Canadian Geographical Information System*), que incentivou o aparecimento de vários grupos interessados em desenvolver geotecnologias, entre os quais podemos citar na UFRJ o Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Geografia, vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFRJ, sob a orientação do professor Jorge Xavier. Esse laboratório foi responsável pelo desenvolvimento do SAGA (Sistema de Análise Geo-Ambiental), que tem seu ponto forte na capacidade de análise geográfica, e é utilizado com sucesso como instrumento didático e em pesquisas. Atualmente, um dos seus principais braços de desenvolvimento é o Vicon SAGA (Vigilância e Controle), que se mantém como uma iniciativa totalmente nacional e livre de custos.

Todo esse esforço no desenvolvimento de tecnologias para adquirir, manipular, processar e exibir a geoinformação custou um preço de associação da comunidade que participa deste desenvolvimento a um perfil puramente tecnológico e não científico. Goodchild (1992), ao discutir a GIScience, a ciência da geoinformação, revela essa preocupação e apresenta a necessidade da discussão de questões intelectuais e científicas, que é intrínseca à geoinformação, e que vai muito além do simples uso das diferentes geotecnologias, ou GISystems (Sistemas de Geoinformação), como apresentado por Goodchild (2019). Neste sentido os GISystems também não devem ser encarados apenas como ferramentas, mas a expressão de uma ciência e todo seu arcabouço acumulado.

Nessas duas discussões sobre o geoprocessamento no Brasil e o desenvolvimento de uma GIScience que busca um pensamento espacial crítico, o Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFRJ (PPGG/UFRJ) assume importante papel. As iniciativas de trazer o geoprocessamento pelo professor Jorge Xavier após seu doutoramento na *Louisiana State University and Agricultural & Mechanical College*, com a tese "*Processes and Landforms in the South American Coast*" (XAVIER DA SILVA, 1973) e as atuais discussões trazidas na linha de pesquisa de geoprocessamento do programa, conduzidas pelos laboratórios de Cartografia (GeoCart) e de Sensoriamento Remoto e Estudos Ambientais (ESPAÇO), são os objetivos deste artigo. Assim, pretende-se fazer um apanhado temporal dessas referências no PPGG/UFRJ, apontando para a importância desta linha de pesquisa em geoprocessamento no desenvolvimento de pesquisas e na formação de pessoal, cujo caráter transdisciplinar só se solidifica. Ao longo dos anos a linha de pesquisa em geoprocessamento se torna transversal nas duas áreas de concentração do PPGG/UFRJ, pois apesar de estar regimentalmente registrada na área de planejamento e gestão ambiental, atua também diretamente como suporte teórico e operacional na área de organização e gestão do território, suplantando nas duas áreas o simples protagonismo das GISystems, e contribuindo diretamente com o arcabouço da GIScience.

Relevante ainda ressaltar que todo este protagonismo trouxe um importante papel para a Geografia da UFRJ nesta área de conhecimento, transformando o PPGG/UFRJ em um importante polo de integração e atuação em nível regional e até nacional.

## Geoinformação: Caracterização, Contexto e Crescimento

A necessidade de se pensar e usar dados geoinformacionais faz parte da história da civilização humana e data de períodos muito antigos, com marcos que remontam à pré-história (CASTIGLIONE, 2021). Isto se dá pela importância de se ter formas de registrar a ocorrência de eventos em apoio à comunicação, e de melhorar a compreensão do mundo através do distanciamento do ponto de observação, o que possibilitou a leitura de geometrias e topologias das formas naturais e antrópicas. Com o tempo, esta perspectiva potencializou uma maior compreensão de padrões espaciais e temporais. Apesar destes registros inicialmente não serem suficientemente precisos e nem estarem associados às convenções reconhecidas como cartográficas, como é o caso do ponto de vista ortogonal, da escala, dos sistemas de coordenadas e de projeção, além da legenda, é fato que cumpriram um papel importante para os propósitos estabelecidos em cada época.

Cada período de nossa evolução, ainda de acordo com Castiglione (2021), foi marcado por descobertas fundamentais para a construção do que se tornaria uma ciência da representação dos dados geoinformacionais com diferentes formas de expressão. Afinal, para se ter uma transferência de conhecimentos de modo fácil e inequívoco, foi necessário desenvolver modelos de representação baseados em sistemas de localização e de representação únicos. Mas o caminho, ou caminhos, para que chegássemos até este ponto foi longo. Analisando séculos de evolução e empoderamento do uso da geoinformação para os mais variados propósitos, é possível perceber que sua essência se manteve e sempre esteve atrelada à necessidade fundamental de se conhecer e representar o mundo. Ainda de acordo com Castiglione (2021), essa essência pode ser estabelecida pelos fios condutores das transformações das geoinformações que remontam ao ontem, se estabelecem no hoje e apontam para o amanhã.

Mas afinal, como se caracteriza uma geoinformação? A geoinformação é uma informação que possui três tipos de atributos básicos: sua localização no espaço, sua localização no tempo e variadas formas de descrição. Cada uma destes componentes pode se expressar de diferentes modos, sendo mais ou menos detalhado. Isto estará em conformidade com as características do dado que busca representar. Ou seja, dados dependentes de detalhamento espacial vão exigir formas de aquisição e representação coerentes com este detalhe, como acontece nos estudos de espaços urbanos e das engenharias; por outro lado, há dados cuja dinâmica temporal é que exige um maior detalhamento, o que é muito comum em estudos meteorológicos e oceanográficos, nos quais as coordenadas temporais alcançam a ordem de minutos e/ou segundos; por fim, há dados que apresentam maior estabilidade espacial e temporal, por razões diversas, e que acabam sendo mais detalhados em sua forma descritiva, e na Geografia um ótimo exemplo é o Censo Demográfico.

Brotton (2012), em seu livro *Uma história do mundo em 12 mapas*, nos mostra a enorme façanha da humanidade em suas tentativas de alcançar formas de se conhecer e representar o mundo, e todo o processo evolutivo deste conhecimento que nos trouxe até o agora. As 12 representações do mundo escolhidas definem (ou são definidas por) marcos importantes das principais conquistas da humanidade em relação à representação das geoinformações e culminam no globo virtual representado no Google Earth.

A necessidade constante de conhecer e registrar informações sobre o espaço onde vivemos levou ao incremento de diferentes tecnologias, muitas das quais profundamente mescladas às ciências geográfica e cartográfica. Hoje, vários sistemas orientados à geoinformação estão disponíveis em diversos dispositivos, de forma facilitada e até gratuita, já fazendo parte do cotidiano das pessoas. Afinal, não é incomum nos depararmos com a seguinte pergunta: “Posso usar a sua localização?”

Este panorama de demandas, que só se intensificam e variam, nos levaram a um quadro de enorme popularização na aquisição e uso da geoinformação e, é claro, que o avanço das áreas de nanotecnologias, biotecnologias e geotecnologias, tiveram um papel fundamental nesta história (GEWIN, 2004). Assim, não é exagero afirmar que vivemos em um mundo cada vez mais consciente da importância da compreensão da dimensão espacial.

O caminho percorrido por esta jovem corrente da Geografia inicia-se com uma percepção muito mais técnica e tecnológica do que científica (BUZAI, 2001). Os primeiros avanços na automatização de processos no âmbito da representação espacial se deram em meados da década de 1960, e foi só a partir da década de 1980, com maior força nos anos 90 em termos de Brasil, é que o avanço dos computadores pessoais possibilitou a intensificação e consolidação das bases geotecnológicas que marcaram o final do século XX e se diversificaram e potencializaram no século XXI.

Este processo foi tão intenso que, de acordo com Buzai (1992), o uso da geoinformação através de diferentes geotecnologias começou a assumir um papel importante na sociedade científica e acabou vindo a atingir a sociedade em geral. Todo este processo deu início a uma nova área, que ao longo de seu curto período de consolidação foi sendo reconhecida de diferentes formas: Geoinformática, Geomática, Geotecnologias, Geoprocessamento, Geoinformação.

Goodchild (2010) faz uma análise do que ele define como um processo de construção de 20 anos do termo GIScience, trazido por ele nos anos 90, agora fazendo 30 anos. Apesar deste tempo, o termo que define *Geographic Information Science* (ou Ciência da Geoinformação) ainda não é plenamente reconhecido no Brasil. A principal razão desta resistência tem sido o embate constante, e ainda de certa forma arraigado, entre ser uma ferramenta ou uma ciência.

O predomínio da geração de dados geoinformacionais tem demandado um debate maior, além de ter dado origem a interesses diversos, incluindo áreas do conhecimento pouco ou nada afeitas à representação espacial. Considerando que mais de 80% dos dados produzidos atualmente são classificados como geoinformacionais (HAHMANN et al., 2011), os avanços na aquisição e análise espacial cresceram e ainda crescem de forma espantosa. Este volume nos remete ao universo do BIG DATA, que exige soluções diferenciadas para o tratamento dos dados, mais recentemente baseadas na Inteligência Artificial, através de *Machine Learning* e *Deep Learning*.

Outra característica que marca este século é a crescente popularização da geoinformação, profundamente ancorada nas facilidades tecnológicas que nos envolvem. Este acesso facilitado tem possibilitado o surgimento de novos atores na geração de um variado e enorme volume de dados. Surge então, com o uso crescente da Web, o termo VGI, ou *Volunteered Geographic Information*, que pode apresentar caráter consciente ou não (GOODCHILD, 2007).

Este contexto favorece o incremento de ambientes favoráveis a soluções colaborativas e mais inclusivas voltadas a interesses coletivos. *Sites* como a *Wikimapia* e o *OpenStreetMap* propiciam o empoderamento de cidadãos que passam a poder criar suas próprias representações espaciais (GOODCHILD, 2010). O que se percebe é que cada vez mais as formas clássicas de validação da informação vão sendo substituídas pela concordância de um grande volume de dados. Um bom exemplo disso é a classificação das condições de tráfego em aplicativos de navegação, em que muitos usuários informam, inconscientemente, a velocidade de deslocamento em determinado trecho viário; ou ainda, mais recentemente, a informação descritiva de estatísticas sobre aglomerações em áreas de interesse da cidade. Tantos atores acabam por facilitar o surgimento das múltiplas faces da geoinformação.

Mais recentemente, um dos desafios para a análise de dados objetivando a percepção de padrões espaciais e temporais é a mineração de dados não estruturados, como os divulgados nas redes sociais. Este imenso volume de dados, continuamente alimentado por milhões de usuários, pode ser utilizado na compreensão da dinâmica de diversos interesses, o que ajuda na tradução de importantes geoinformações para a tomada de decisão.

Como dito inicialmente, Rodriguez (2015) define toda esta etapa contemporânea da Geografia, iniciada em torno dos anos 90, como a Corrente Geoinformacional, resultado do contexto geopolítico, geoeconômico e técnico-científico atual. O autor reforça ainda que a necessidade de integrar e mediar informações sobre a Terra em diferentes escalas espaciais e temporais, e em prazos cada vez mais curtos, geraram as condições favoráveis ao fortalecimento e à dependência de tecnologias da informação. Todo este panorama é repleto de transversalidades temáticas e variadas abrangências espaciais, e não há dúvidas que tanto a Cartografia como o Sensoriamento Remoto, meios que possibilitam a criação e manipulação de importantes quadros geográficos como os mapas e imagens, se encontram no vórtex desta corrente.

## **Histórico da Pesquisa na Área Geoinformacional no Contexto do PPGG/UFRJ**

A pesquisa em Geoinformação, não com o perfil que foi conceituado por Goodchild (1992), no Departamento de Geografia e no Programa de Pós-Graduação em Geografia, da UFRJ, tem a sua origem, como foi dito inicialmente, com a criação do Laboratório de Geoprocessamento (LAGEOP), pelo Professor Doutor Jorge Xavier da Silva, em 1980. Neste período, surge também o conceito de Geomática, associado ao grande impacto da informática na automação da Cartografia, Geodésia, Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Na realidade este conceito abrangeria um ramo da informática, integrando os meios de aquisição e gestão de dados espaciais, através de serviços de tecnologia e informação. Dessa forma, incluía a aquisição, captura, modelagem, tratamento, armazenamento, recuperação, análise, exploração, representação, visualização e disseminação de informação geoespacial e sua aplicação em diversas áreas do conhecimento. Uma expressão mais significativa e apropriada, e que predomina atualmente, é a Informação Geoespacial ou GeoInformação (GOMARASCA, 2009).

Hoje em dia, no contexto da Ciência da Geoinformação (GIScience), várias são as ramificações que lidam com a representação destes dados. Os eixos principais desta

grande área é o Geoprocessamento, que reúne muitas funções de tratamento e análise de dados; o Sensoriamento Remoto, responsável pela aquisição e representação de dados em diferentes formas e resoluções; e a Cartografia, forma histórica de estudo e representação da geoinformação (TAYLOR, 1991).

Estes três componentes têm sido bastante estudados no âmbito da graduação e da pós-graduação da Geografia da UFRJ, tanto de forma verticalizada, como de forma híbrida, trazendo novas janelas e potencialidades para os estudos geográficos através de diversas linhas de pesquisa. Mais especificamente, traremos, a seguir, as contribuições de tais estudos através dos laboratórios GeoCart e ESPAÇO no âmbito do PPGG.

## **Pesquisa em Cartografia no Contexto do PPGG/UFRJ**

A geoinformação contempla informações de meios físicos, biológicos ou sociais que possuam uma associação ou relação de posicionamento na, sob ou sobre a superfície terrestre (MENEZES et al., 2021a). Neste contexto é possível inferir que a GIScience se aproxima da Geografia no que tange a possibilidade de realizar a aquisição, manipulação, análise e representação da geoinformação, uma vez que a Geografia está, sobretudo, interessada na lógica presente na ordem espacial das coisas ou fenômenos (CASTRO et al., 1997). Neste mesmo sentido, a Cartografia se junta a essas duas ciências, possibilitando a interligação entre elas, no que tange a capacidade da Cartografia em representar diferentes estruturas do espaço e do tempo, por meio de processos que transformam a geoinformação em uma informação cartográfica representável, caracterizados pelas transformações geométricas, projetivas e cognitivas. Ou seja, a Cartografia cria condições de representação e, conseqüentemente, de análises da geoinformação para a Geografia através de diferentes tipos de documentos cartográficos, como globos, modelos digitais, cartas e mapas. Estes últimos são caracterizados como os documentos cartográficos mais significativos e conhecidos do público em geral, e segundo Gomes (2017) podem ser entendidos como uma imagem-padrão para exprimir as características geográficas dos fenômenos, que apresenta superfície, descreve lugares, expõe a diversidade de elementos e de situações.

Partindo deste tripé científico, GIScience, Geografia e Cartografia, as pesquisas em Cartografia no PPGG se desenvolveram desde o início da implementação do programa. Inicialmente, nos primeiros 20 anos do programa, estas pesquisas se desenvolvem com uma característica mais voltada ao geoprocessamento e com necessidade de suporte cartográfico, principalmente para suprir as demandas do início do geoprocessamento com as pesquisas desenvolvidas pelo professor Jorge Xavier. Até o final dos anos 1980, a Cartografia no Departamento de Geografia tinha como referência a professora Josette Lidie Madeleine Lenz César, que atuava no curso de graduação da UFRJ, e em outras instituições, como o IME (Instituto Militar de Engenharia) e a UERJ (Universidade do Estado do Rio de Janeiro). Na primeira metade da década de 1990, com a chegada do professor Paulo Márcio Leal de Menezes no Departamento de Geografia e no PPGG, mais especificamente com a criação em 1995 do Laboratório de Cartografia – GeoCart, as pesquisas cartográficas assumem um importante papel frente ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, atendendo às duas áreas de concentração do programa em orientações dire-

tas e no auxílio de desenvolvimento de pesquisas variadas que necessitam de análises e representações espaciais.

## O GEOCART – Laboratório de Cartografia

O GeoCart, laboratório de Cartografia, é um dos laboratórios componentes do Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Foi criado, após aprovação em reunião departamental, em 03 de abril de 1995. O Laboratório foi criado frente às crescentes demandas do Departamento de Geografia nas áreas de ensino, pesquisa e extensão, no que tange suas necessidades relacionadas à ciência cartográfica e tecnologias afins. Vale ressaltar o caráter multi-institucional das ações do laboratório, atuando não apenas no Departamento de Geografia e seus laboratórios, mas também em outras unidades da UFRJ. Essa característica tem um viés de abrangência que leva o PPGG e suas pesquisas além dos muros da UFRJ. A coordenação conta com os professores Paulo Márcio Leal de Menezes e Manoel do Couto Fernandes, professores vinculados ao PPGG, e uma gama de alunos em diferentes níveis acadêmicos, alunos de pós-doutorado, doutorado, mestrado, graduação, iniciação científica, bolsistas e não bolsistas, além de monitores de disciplinas obrigatórias ligadas ao Departamento de Geografia e ao bacharelado de ciências matemáticas e da terra (BCMT).

A rede de pesquisadores e cooperação, ligada a projetos desenvolvidos no GeoCart e vinculados ao PPGG, compreende colaboradores próximos, da UFRRJ, UFF, UERJ, IBGE, e ICMBio, porém estende-se nacionalmente a todo o Brasil, notadamente com as seguintes universidades: IME, USP, UFMG, UNB, UFSC, UESC, UFPE, UFJF, UFPA, entre outras. Internacionalmente a cooperação passa por universidades e diferentes instituições em praticamente todos os continentes, tais como: Estados Unidos da América, Penn State University, Louisiana State University, Nebraska State University e UNGEGN (Grupo de Peritos em Nomes Geográficos da ONU); Reino Unido, University of Wolverhampton; Portugal, Universidades do Porto e Coimbra; República Tcheca, Universidade de Brno; Croácia, Sociedade Croata de Cartografia e University of Zagreb; Hungria, ELTE (*Eötvös Loránd University*); Federação da Rússia, Universidade de Moscou; China, Universidade de Wuhan; Austrália, *RMIT University*, Melbourne. Essa rede de pesquisa vem garantindo uma grande capacidade de conexão do PPGG em termos nacionais e internacionais, no que tange a troca de informações, pesquisas e intercâmbio de alunos, principalmente em doutorados sanduíches.

A ligação do GeoCart com o Programa de Pós-Graduação em Geografia, PPGG, se dá com a atuação em pesquisas nas duas áreas de concentração Organização do Território e Planejamento e Gestão Ambiental e na linha de pesquisa de Geoprocessamento. Em termos gerais as pesquisas conduzidas pelo GeoCart no PPGG, englobando alunos de mestrado e doutorado e estágios de pós-doutorado são ligadas à Cartografia, Geoprocessamento e Geoecologia.

A pesquisa em Cartografia divide-se em aplicada, temática e histórica, cada uma delas com as suas particularidades. Junta-se ainda o estudo dos Nomes Geográficos, toponímia, bem como uma nova linha sedimentada, envolvendo o Mapeamento Participativo. A Geoecologia busca discussões teóricas e aplicadas, no que tange à discussão



de modelos de análise da paisagem sob o foco de diferentes temáticas. No entanto, em todas essas áreas e subáreas, existem uma forte interação e superposição entre elas, com um intenso uso das geotecnologias, principalmente no tocante à coleta de dados, armazenamento e gestão de dados, modelagem de dados e processos, estudo de processos analíticos, diagnósticos e prognósticos, bem como a visualização de processos. Ainda se soma a esta perspectiva de análises cartográficas e geoecológicas a discussão das potencialidades e limitações do geoprocessamento na análise e representação da geoinformação (FERNANDES, 2009), com especial enfoque às análises em superfície modelada em detrimento às planimétricas (FERNANDES, 2004; FERNANDES et al., 2013; FERNANDES et al., 2017).

Mais especificamente, em relação à pesquisa sobre Cartografia histórica, iniciada em meados de 2001, como um projeto sobre a Cartografia Histórica do Estado do Rio de Janeiro, esta se tornou um extenso projeto, com quase 21 anos de estudos e análises sobre a sua formação territorial, divisões administrativas sob o aspecto diacrônico e análise de sua toponímia histórica em vários níveis de feições geográficas (MENEZES, 2022). Desta forma foram impulsionadas outras pesquisas sobre toponímia (SANTOS, 2008; MENEZES, et al., 2021b), o papel da Cartografia Histórica no entendimento da dinâmica da paisagem (SANTOS et al., 2019), e consequentemente, como elemento de análises geoecológicas (FERNANDES et al., 2020).

Em relação aos projetos desenvolvidos junto ao PPGG, nestes últimos 30 anos, pode ser destacado o caráter abrangente dos mesmos em função do tripé acadêmico de ensino, pesquisa e extensão.

Como projetos de ensino, o Laboratório participou ativamente com a *Ěotvós Loránd University* (ELTE) (Hungria), trazendo e enviando professores entre as duas Universidades. Também pode ser citado as parcerias com a Universidade do Porto (Portugal) e a *Louisiana State University* (EUA) nos projetos de doutorado sanduíche de alunos vinculados ao PPGG. Nos projetos de pesquisa, destacam-se o estudo dos processos de transformação e aplicabilidade cartográfica da informação geoespacial; projetos que abrangem o estudo histórico do estado e da cidade do Rio de Janeiro e da dinâmica da paisagem associada aos eventos de inundações no município de Petrópolis (RJ), nos quais se insere profundamente a Cartografia Histórica; o projeto sobre os efeitos das observações em superfície modelada na análise da paisagem; e o projeto sobre um novo mapa mundi, o qual colocará o Brasil no centro do mapa. Vale ressaltar também o projeto de mapeamento participativo e a criação de uma rede nacional e internacional, em parceria com a Dra. Raquel Dezidério Souto. Como extensão, um dos projetos mais significativos é o Papos Cartográficos, projeto que surgiu durante a pandemia de COVID-19, trazendo quinzenalmente em 2020 e mensalmente em 2021, temas cartográficos e pesquisadores de renome envolvidos. Esse projeto prima pela desmistificação da Cartografia, apresentando as diferentes formas que ela se apresenta no cotidiano da sociedade.

A contribuição do GeoCart em projetos de desenvolvimento também é bastante expressiva, ocasionando estudos envolvendo sobre a despoluição da Baía de Guanabara, em parceria com o IBAM (Instituto Brasileiro de Administração Municipal); desenvolvimento do Atlas de Sensibilidade Ambiental a Derrames de Óleo da Bacia de Campos, em parceria com o CENPES/PETROBRAS; o Projeto RJ25 que trata do mapeamento integrado

do Estado do Rio de Janeiro, em parceria com o INEA/RJ (Instituto Estadual do Ambiente) e o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Ainda em parceria internacional com a China e a Rússia, foi desenvolvido o Projeto BRICS, com apoio do CNPq, para o desenvolvimento de métodos de monitoramento da dinâmica do uso e cobertura da terra.

Na área de ensino o GeoCart é responsável por uma gama de disciplinas, atendendo tanto a graduação em Geografia (licenciatura e bacharelado), quanto a pós-graduação, envolvendo a Cartografia e áreas afins. Inicialmente apenas a Cartografia era a disciplina básica obrigatória, hoje desmembrada com a Cartografia Temática e Práticas em Cartografia. São ministradas as disciplinas eletivas Fotointerpretação/Interpretação de Imagens e Tópicos Especiais em Cartografia, abrangendo a Cartografia Histórica e Toponímia. Diversas outras disciplinas, tais como Geomorfologia, Pedologia, Estágios de Campo, entre outras, também necessitam do conhecimento em Cartografia. As disciplinas de pós-graduação também são um marco com a entrada do professor Paulo Menezes no PPGG. Estas procuram nivelar o conhecimento cartográfico dos alunos e apresentar as aplicabilidades da Cartografia, para o atendimento de seus trabalhos de pesquisa.

A contribuição das pesquisas desenvolvidas no GeoCart, no âmbito do PPGG, é revelada pela série de artigos publicados em periódicos nacionais e internacionais, além de uma série de livros que contemplam a Cartografia e a GIScience, enquanto ciências de suporte para análises geográficas. Destacam-se aqui o livro organizado a partir da *27th International Cartographic Conference (ICC2015)* e publicado pela Springer (SLUTER et al., 2015); a autoria do livro *Roteiro de cartografia*, publicado em 2013 e sua primeira revisão em 2018 (MENEZES e FERNANDES, 2013; MENEZES e FERNANDES, 2018); e a organização dos livros nacionais *Mapeamento participativo e cartografia social: aspectos conceituais e trajetórias de pesquisa* (SOUTO et al., 2021), e *Cartografias do ontem, hoje e amanhã* (MENEZES et al., 2021c).

Outra característica marcante do GeoCart, junto ao PPGG, é a organização de eventos científicos nacionais e internacionais, muitas vezes em parceria com sociedades científicas e/ou universidades.

Ao nível nacional pode ser destacada a participação na organização das Jornadas de Tecnologia (JGEOTEC), envolvendo diversas universidades do Rio de Janeiro. Também é notável a organização dos Congressos Brasileiros de Cartografia, de 2003 a 2014, junto à Sociedade Brasileira de Cartografia; e dos Simpósios Brasileiro de Cartografia Histórica, em parceria com o Centro de Referência em Cartografia Histórica da UFMG. Em nível internacional é ressaltada a organização dos Simpósios Luso Brasileiros de Cartografia Histórica, em parceria com o Centro de Referência em Cartografia Histórica da UFMG e a Universidade do Porto; e os I e II Simpósios Internacionais Pan-americanos de Toponímia, juntamente com a Comissão Conjunta ICA/IGU em Toponímia. Entretanto, merece destaque a organização da *27th International Cartographic Conference (ICC2015)*, em parceria com a Sociedade Brasileira de Cartografia, Associação Cartográfica Internacional e diversas universidades do Brasil.

Todo o contexto apresentado revela o quanto a Cartografia e a GIScience foram sendo introduzidas nas pesquisas vinculadas ao PPGG. Na verdade, esta introdução acompanha a evolução da ciência cartográfica, com a utilização de processos e tecnologias analógicas, para uma ciência quase que inteiramente digital, apoiada no arcabouço

conceitual da própria Cartografia e em conceitos e tecnologias desenvolvidos a partir da GIScience. Assim, a substituição dos processos analógicos para processos digitais e computacionais, aproximaram e possibilitaram cada vez mais suas interações nas pesquisas geográficas. Nunca se produziu tanta informação cartográfica, como no momento presente. No entanto, não se pode prescindir dos conceitos básicos da ciência cartográfica, que continuam válidos, pois o que mudou foram os processos, mas os conceitos são os mesmos.

No entanto, surge uma questão: como será o futuro e os desafios para o laboratório permanecer como um centro de excelência para a Geografia? Em relação ao ensino, haverá de ter uma constante atualização, para adaptação dos alunos às novas geotecnologias e processos de transformação da informação geográfica e cartográfica. Em relação às pesquisas, haverá uma tendência a ser mais inclusiva, inovadora e aberta a mudanças. Por exemplo, a constatação de que a Cartografia Histórica pode explicar o presente e preparar para o futuro, tem sido o direcionamento desse tema na pesquisa. No entanto, deverá ser mais interativa, móvel, dinâmica, responsiva e colaborativa, sob uma interface humana com ambientes dinâmicos em evolução, dados mais acessíveis e visualização rápida e fácil (MENEZES et al., 2021c).

## **Pesquisa em Sensoriamento Remoto no Contexto do PPGG/UFRJ**

O Sensoriamento Remoto é uma das áreas de conhecimento associada à Geoinformação que marcou profundamente o século XX e que tem trazido transformações tecnológicas significativas e rápidas ao longo do século XXI. Traz contribuições para a aquisição de dados em diferentes níveis de detalhamento e abrangência, além da possibilidade de contribuir para a estruturação de bases temporais longas, fundamentais para o acompanhamento de fenômenos diversos, naturais e antrópicos, profundamente relacionados a questões caras à Geografia.

Se constitui no campo de conhecimento que estuda formas de aquisição de dados à distância objetivando o reconhecimento, a medição e o monitoramento de áreas. Os níveis de aquisição remota podem variar muito, excluindo-se apenas as situações em que há a necessidade de contato direto entre o sensor e a superfície medida. Os níveis de aquisição são identificados como terrestre, aéreo ou orbital, e estão associados ao posicionamento da plataforma em que o sensor se encontra acoplado. Apesar de inicialmente estes níveis estarem profundamente relacionados à escala final do produto gerado, hoje muitas destas fronteiras foram rompidas e já é possível alcançar produtos orbitais de altíssima resolução espacial. Outra questão que foi sendo superada está relacionada à qualidade geométrica final dos produtos orbitais, que foram ganhando estabilidade e exatidão com o tempo. Assim, é bem comum termos seu uso associado a aplicações diferenciadas, focadas no espaço urbano ou rural, e esta realidade tem sido bastante explorada na pesquisa e em diferentes aplicações no âmbito da Geografia e ciências afins.

O desenvolvimento dos sensores remotos variou ao longo do tempo, e foi profundamente beneficiado pelo progresso tecnológico. A necessidade de enxergar cada vez mais, incrementou soluções voltadas às análises em escalas micro e macro, de forma a apoiar a pesquisa em muitas áreas do conhecimento. Atualmente, pode-se adquirir

imagens e elaborar mapeamentos em resoluções muito distintas, sendo possível atingir escalas de redução e ampliação. Isso explica se ter registros imagéticos de galáxias a uma distância de anos-luz e de células do nosso corpo a uma distância de poucos centímetros. Esses exemplos ressaltam o fato de como as imagens influenciam áreas aparentemente muito distintas, como é o caso da Astronomia e da Medicina. Para a Geografia o Sensoriamento Remoto é uma forma clássica de aquisição de dados que objetiva a geração de mapeamentos, mas também é muito usado para a elaboração de modelos tridimensionais e na leitura interpretativa em apoio a trabalhos de campo, por exemplo.

Importante ressaltar, portanto, que os produtos de Sensoriamento Remoto podem ser de diferentes naturezas, incluindo o fato de serem ou não imagéticos, pois as formas de aquisição também variam muito. É o caso dos dados LiDAR, cujo produto bruto é uma nuvem de pontos tridimensionais que necessitam ser processados posteriormente, sendo comumente usados na geração de modelos digitais de superfície e terreno. Entre os produtos mais comuns estão os que representam a superfície física do terreno e as elevações presentes nesta superfície em forma digital (BECKER e CENTENO, 2013), denominados MDS (Modelo Digital de Superfície), quando contém informações de todas as feições da paisagem, e MDT (Modelo Digital do Terreno), quando contém informações de elevação da superfície desnuda da Terra. Muitas aplicações fazem uso ainda da diferença destes dois modelos, que dá origem a um modelo muito usado nos estudos vegetacionais, o MDC ou Modelo Digital de Copas, que ajuda na estimativa da altura do dossel. Produtos desta natureza são usados quando a representação tridimensional é fundamental para o cálculo de volumes (como no caso da estimativa de sequestro de carbono), para a definição de microtopografias, além da medição da altura de elementos naturais ou antrópicos sobre a superfície terrestre, entre outros exemplos. Estes tipos de dados são muito utilizados em uma importante e duradoura linha de pesquisa do laboratório ESPAÇO, focada na caracterização, mapeamento e monitoramento de áreas florestadas.

Mas a diversidade de produtos de Sensoriamento Remoto vai além. Da mesma forma que o LiDAR, tem-se outro conjunto de sensores ativos (independentes de fontes de energia externa, como o Sol) que são os radares. No caso brasileiro este tipo de produto foi utilizado extensivamente na geração de mapeamentos temáticos diversos no âmbito do RADAM BRASIL. Mas há ainda a possibilidade de obtenção de produtos imagéticos em um range muito grande (na casa de dezenas ou centenas) de bandas espectrais, o que permite a definição de assinaturas muito específicas, auxiliando na identificação e diferenciação de coberturas e usos da terra. Esta família de sensores é chamada de hiperespectral, e seus dados podem ser adquiridos em diferentes níveis: terrestre, aéreo e orbital (JENSEN, 2009). Neste sentido, tem-se estudado, no âmbito do PPGG, assinaturas hiperespectrais da floresta de mangue através do uso de imagens de altíssimas resoluções espacial e espectral, o que já permite a geração de modelos diferenciadores de fitofisiologias. Recentemente, o laboratório ESPAÇO adquiriu um espectrorradiômetro para aprimorar a investigação dessas assinaturas através de coletas em campo.

Ainda de forma bastante resumida, dando continuidade a esta breve caracterização de tipos de sensores remotos, é importante ressaltar os ganhos obtidos em termos de resolução espacial. Em nível orbital, desde o início do século XXI passou-se a ter acesso a imagens de alta resolução, que hoje já alcançam *pixels* de 30 cm. Estas imagens ficaram

bastante populares através do *Google Earth* e são muito usadas em estudos voltados ao espaço urbano. Neste sentido, em nível aéreo, pode-se citar também o uso de VANTs ou RPAS, como têm sido denominados mais recentemente. Esta forma de aquisição tem evoluído muito rapidamente, oferecendo a possibilidade da realização de levantamentos com o uso de diferentes tipos de sensores, com ganhos em termos de autonomia de voo, o que acaba sendo traduzido em abrangência territorial. Muitas pesquisas têm sido desenvolvidas no PPGG com o objetivo de explorar e melhor conhecer formas de aquisição, exatidão e potencial destes produtos focando em soluções de grande detalhamento.

É fato que o monitoramento, por satélites artificiais, dos ambientes naturais e antropizados, é feito de forma sinóptica e ágil, auxiliando consideravelmente no planejamento e gestão ambiental. Nas últimas duas décadas, várias instituições, principalmente as de cunho governamental, estão fazendo uso massivo de dados provenientes do Sensoriamento Remoto em atendimento à gestão e ao monitoramento do território. Isto auxilia na minimização de custos com a maximização do tempo de trabalho, atuando de forma eficiente em casos que precisam de um levantamento complementar de campo (LON- GLEY et al., 2013). Neste sentido, o laboratório ESPAÇO contribuiu com metodologias e produção técnica para a geração de mapeamentos regionais, definidos como bases oficiais de cunho governamental, como os do estado do Rio de Janeiro (SEA-RJ), em duas escalas importantes para a gestão do território, 1:100.000 e 1:25.000, e do bioma Mata Atlântica (PROBIO/MMA).

Mas uma imagem não é um mapa. São necessárias muitas técnicas de processamento para garantir uma conversão representativa entre estes dois modelos de dados. O caminho da classificação é o mais tradicional, e a Geografia tem sido, historicamente, uma das mais importantes clientes deste processo.

A classificação igualmente apresenta uma variedade muito grande de possibilidades e lógicas de generalização e identificação de alvos. Afinal, é preciso mais do que enxergar os objetos da superfície, pois tem-se ainda o desafio da delimitação e classificação destas áreas. E quanto mais parecidas forem essas superfícies, maior a complexidade dos modelos a serem adotados. Na atualidade, no contexto do BIG EO DATA (YAO et al., 2020) tem-se investigado novos caminhos metodológicos. Neste sentido, começam a surgir iniciativas de mapeamento em grande escala, espacial e temporal, que podem e devem ser exploradas para a compreensão de seu real potencial em análises de mudanças. Estudos regionais e globais têm sido bastante favorecidos com esta abordagem.

Em resumo, no caso da pesquisa desenvolvida no laboratório ESPAÇO de Sensoriamento e Estudos Ambientais, que reflete uma experiência acumulada em mais de 25 anos de pesquisas voltadas à análise da cobertura vegetal e antrópica, foram desenvolvidas técnicas de mapeamento com foco em ecossistemas naturais de diferentes biomas brasileiros (NEVES et al., 2009; SOUZA et al., 2011; GALVANIN et al., 2014; CRUZ et al., 2016; SILVA e CRUZ, 2018; CRUZ et al., 2018; CARIS et al., 2020; ALMEIDA et al., 2020; MAGALHÃES et al., 2020), sendo a Mata Atlântica o ecossistema mais investigado neste período, embora tenha se desenvolvido pesquisas em outros biomas, como o Cerrado, a Caatinga, a Amazônia e o Pantanal. Durante esta jornada de pesquisa em classificação de imagens, muitas abordagens foram investigadas, testadas e aprimoradas, trazendo contribuições importantes para o mapeamento temático em mesoescala, funda-

mental para um país de dimensões continentais como o Brasil. Mas outras ramificações são bastante investigadas, unindo as componentes Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento e Cartografia.

## **O Laboratório ESPAÇO de Sensoriamento e Estudos Ambientais**

O ESPAÇO nasceu de um Grupo de Pesquisa em Sensoriamento Remoto criado pelo Professor Doutor Mauro Sérgio Fernandes Argento, no Departamento de Geografia da UFRJ. Cresceu e se estabeleceu com este nome e é constituído atualmente pelos professores: Carla Bernadete Madureira Cruz, Rafael Silva de Barros, Elizabeth Maria Feitoza da Rocha de Souza e Antônio Paulo Farias. Desde 1996 vem dando espaço para o desenvolvimento de pesquisas na área de Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento e Cartografia de forma imbricada, focando em diferentes temas da Geografia e buscando contribuir com questões metodológicas para a solução de problemas diversos. Nestes anos, participou de redes de pesquisa e atuação estratégica em muitas áreas, trazendo e levando conhecimentos científicos e tecnológicos para instituições acadêmicas e governamentais, como ministérios (Meio Ambiente, Economia, Saúde), ICMBio, Petrobras, Eletrobras, EMBRAPA, IBGE e Secretarias de Meio Ambiente estaduais e municipais, além de universidades brasileiras e estrangeiras. Estas parcerias ressaltam o forte perfil do laboratório em intensos investimentos na relação entre pesquisa e extensão, objetivando finalidades estratégicas para a solução de problemas contemporâneos de alta complexidade. Um dos projetos mais recentes de destaque foi o Olho no Verde, da Secretaria do Ambiente do Rio de Janeiro, que contribuiu para o mapeamento de detalhe do estado em apoio ao Cadastro Ambiental Rural, além da implementação de um sistema de monitoramento da floresta.

Atualmente atua em linhas de pesquisa com enfoques variados, com contribuições de pesquisadores especialistas, internos e externos à UFRJ. Resumidamente, as linhas em que atua, em nível de mestrado e doutorado no PPGG, são a análise da exatidão de produtos de Sensoriamento Remoto; modelagem do conhecimento e classificação orientada a objetos; uso de inteligência artificial e estudos de séries temporais no contexto do BIG DATA; e representações e análises espaciais de fenômenos antrópicos e naturais.

A análise da exatidão de produtos de Sensoriamento Remoto é uma das áreas de atuação mais antiga do laboratório e está relacionada à avaliação da exatidão de diferentes produtos de Sensoriamento Remoto obtidos em níveis de aquisição variados. Estes estudos são apontadores fundamentais para o uso consciente de imagens e modelos digitais para fins de mapeamento e monitoramento. Muitos destes aportes se consolidaram em importantes publicações e projetos que auxiliam em decisões estratégicas em nível institucional.

Mais recentemente, o diferencial da pesquisa está na investigação do potencial do uso de VANTS na geração de mosaicos de imagens de altíssima resolução espacial, na elaboração de representações tridimensionais e em aplicações ambientais que necessitem de soluções em escalas cartográficas grandes.

Especificamente, nesta linha, tem-se contribuído nas seguintes frentes: (i) Avaliação da exatidão planialtimétrica de imagens e modelos digitais de elevação; (ii) Estudo do

potencial de produtos oriundos de levantamento com VANT para fins de mapeamento e geração de modelos digitais do terreno e de altura de copas; e (iii) Classificação de imagens de VANT para fins de diagnóstico e monitoramento.

A modelagem do conhecimento e classificação orientada a objetos geográficos (GEOBIA) buscam aprimorar o desempenho dos processos automatizados de classificação tradicionalmente consolidados. Segundo Cruz et al. (2007) o GEOBIA busca simular técnicas de interpretação visual através da modelagem do conhecimento para a identificação de feições, baseada na descrição de padrões identificadores, tais como cor, textura, métrica e contexto. O sistema possibilita o uso convencional da técnica vizinho mais próximo a partir da assinatura espectral (definida por amostras), além da aplicação de modelos booleanos ou *fuzzy* que podem ser livremente traçados em um ambiente interativo de forma independente para cada classe. Segundo Cruz et al. (2007), a geração de produtos temáticos a partir do processamento de imagens ainda embute, apesar de décadas de pesquisa e desenvolvimento, um grande desafio no que concerne ao grau de automatização do processo. Aprimorar a classificação de imagens objetivando a elaboração de mapas temáticos para os mais variados fins tem sido alvo de muitos esforços. Desta forma, obter mais conhecimento sobre o comportamento dos alvos de forma a possibilitar a sua modelagem e o alcance de resultados com maior exatidão é considerado um grande desafio.

Atualmente, nosso projeto de pesquisa busca ampliar e especializar os modelos de classificação adotados, incorporando-se uma maior complexidade de dados e técnicas de mapeamento de modo a poder gerar produtos diferenciados. A integração de classificadores baseados em objetos e em pixels, com o apoio da modelagem e da descoberta do conhecimento, é alvo de um maior aprofundamento nas pesquisas. A adoção recente de diferentes sensores hiperespectrais e do LiDAR tem por objetivo aumentar o conhecimento das assinaturas espectrais e da estrutura da floresta, considerando variações frente a fatores indicativos de sua saúde e diversidade.

Especificamente, nesta linha, tem-se contribuído nas seguintes frentes: (i) Mapeamento de grandes áreas com complexidade na classificação (Mata Atlântica, Caatinga, Pantanal); (ii) Diferenciação de fitofisionomias da vegetação (Silvicultura, Manguezal); (iii) Análise da variação temporal (intra e interanual) de coberturas e fenômenos diversos; e (iv) Análise de dados em múltiplas escalas e com múltiplos sensores.

Na linha de pesquisa de uso de inteligência artificial e estudos de séries temporais no contexto do BIG DATA são trabalhadas informações de Observação da Terra, que cresceram quantitativa e qualitativamente nos últimos anos, exigindo ações diferenciadas. A maior oferta de dados espaciais trouxe um grande desafio para as Geociências: o de projetar e construir tecnologias que permitam armazenar, gerenciar, processar e analisar, de forma eficiente, grandes, variados e complexos conjuntos de dados geoespaciais. O aumento da disponibilidade de dados e modelos promove novas abordagens e metodologias científicas. Isso implica uma mudança paradigmática, introduzindo o que Hey et al. (2011) denominam de o Quarto Paradigma.

Estudos e pesquisas que visam a extração automática de padrões espaciais, através de diferentes técnicas como o Aprendizado de Máquina, se tornam cada vez mais importantes no direcionamento e fornecimento de insumos para identificar a informação

que de fato tem valor. Neste contexto, o uso do classificador *RandomForest* tem recebido atenção crescente devido aos excelentes resultados de classificação de uso e cobertura obtidos e, principalmente, à velocidade de processamento, podendo-se encontrar importantes iniciativas baseadas nas abordagens de Aprendizado de Máquina e Mineração de Dados para grandes conjuntos de dados de Sensoriamento Remoto. Mais recentemente tem-se pesquisado o uso da *Deep Learning* para a extração automática de padrões espaciais em diferentes contextos.

Especificamente, nesta linha, tem-se contribuído nas seguintes frentes: (i) Estudo de assinaturas espectrais objetivando a diferenciação de tipos de cultivos; (ii) Análise da variação sazonal de coberturas e fenômenos naturais ou antrópicos; (iii) Análise do desempenho do uso de aprendizado de máquina na identificação das transformações da paisagem; (iv) Análise das transições da floresta e da agricultura através de segmentações temporais; e (v) Estudo da *Deep Learning* na geração de mapas geomorfológicos.

A linha de pesquisa de representações e análises espaciais de fenômenos antrópicos e naturais prima pelas análises de dados geoinformacionais de diferentes estruturas e origens, as quais sempre foram umas das principais aplicações em estudos geográficos, afinal a compreensão de padrões espaciais e temporais é vista como um caminho poderoso no auxílio ao entendimento de processos. Mais recentemente, com o crescimento tecnológico, a possibilidade de computação na nuvem e o avanço da algoritmização com diferentes lógicas, tem sido possível traduzir grandes e complexos volumes de dados temáticos.

Estudos orientados a questões ambientais, rurais, urbanas, políticas, populacionais, educacionais e de saúde, por exemplo, têm sido potencializados pelo maior alcance temporal e espacial. Pesquisas atuais, deste modo, têm conseguido contribuir para questões que até bem pouco tempo apresentavam limitações operacionais relevantes.

Mais recentemente resgatou-se o estudo das novas tecnologias geoinformacionais na adequabilidade da mediação de conteúdos de Geografia em diferentes níveis de ensino.

Especificamente, nesta linha, tem-se contribuído nas seguintes frentes: (i) Análise das transições da cobertura e uso da terra; (ii) Estudo de indicadores espaciais sobre pressões antrópicas; (iii) Modelagem dinâmica e uso de autômatos celulares na geração de cenários; e (iv) Exploração do uso de WEBGIS, com enfoque principal na mediação de conteúdos de Geografia para a educação com base na geoinformação.

Essas pesquisas foram desenvolvidas através da articulação da pós-graduação com a iniciação científica; o que tem possibilitado a integração de ações envolvendo publicações de diferentes tipos, apresentações em eventos e a troca de experiências que potencializam a formação de recursos humanos. Outra atuação importante e efetiva tem sido na divulgação científica, com linguagem elaborada para diferentes públicos.

De um modo geral, as pesquisas apresentam um forte caráter transdisciplinar, integrando a Geografia com outras áreas do conhecimento. Muitos estudos carregam ainda a oportunidade de trazer respostas a problemas estratégicos institucionais, principalmente no contexto ambiental, como é o caso do desmatamento, da recuperação de áreas degradadas, da quantificação e qualificação de remanescentes florestais, dentre outros.



## Considerações Finais

O crescimento da área de GIScience se dá em diferentes formas, tanto em termos de intensidade, quanto de diversidade. Parte deste cenário é explicada pelo aporte tecnológico atual que possibilita a incorporação de novos atores nesta Corrente Geoinformacional.

A Geografia da UFRJ tem um papel pioneiro nesta área no contexto nacional, o que favoreceu um histórico consistente de ofertas de disciplinas, de caráter obrigatório e opcional, em seus dois cursos de graduação, o Bacharelado e a Licenciatura. Trouxe também uma oferta significativa de disciplinas em termos da Pós-Graduação, que tem despertado interesse cada vez mais diversificado. Ressalta-se aqui as importantes ações e linhas de pesquisa desenvolvidas de forma consolidada na iniciação científica e nas orientações em nível de mestrado e doutorado, tem gerado incrementos para a área e propiciado soluções para muitas instituições governamentais responsáveis pela produção técnica e científica orientadas às representações espaciais.

Este protagonismo transforma o PPGG em um importante polo atrator de profissionais de diferentes regiões e de outras áreas do conhecimento, interessados em um maior aprofundamento em termos conceituais, metodológicos e de aplicações diversas que envolvem a GIScience e os GISystems, o que tem acompanhado a tendência internacional de uma maior transversalidade. O reconhecimento crescente da área, que tem sido relacionada ao termo inteligência espacial, desperta o interesse de áreas pouco inseridas no contexto espacial, ampliando oportunidades para a consolidação de conhecimentos técnicos-científicos sobre os desafios e fragilidades ainda presentes.

As contribuições oferecidas ao longo dos 50 anos de existência do PPGG, iniciadas com os importantes aportes do Professor Jorge Xavier, só se intensificaram com o surgimento e consolidação dos laboratórios GEOCART e ESPAÇO, ampliando o universo de pesquisa na área geotecnológica. Assim, os estudos desenvolvidos nas áreas de Cartografia, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, tangenciando cada vez mais outras áreas de conhecimento, tem aberto oportunidades para a formação de recursos humanos, para a criação de redes de pesquisa em níveis nacional e internacional, para a produção técnica e científica, e para a crescente contribuição em termos de divulgação científica.

Com a velocidade e transformações causadas pela revolução tecnológica, fica difícil delinear os novos rumos das pesquisas. O que se pode garantir é que tem sido cada vez mais necessário manter o foco nas mudanças que transformam os meios de aquisição, armazenamento, processamento, representação e divulgação de dados espaciais. E neste contexto, o elemento que mais sofre transformações tem sido o empoderamento das formas de manipulação de dados temporais.

Todo este universo tem sido um palco importante na contribuição de soluções para problemas que necessitem de extremo detalhamento espacial ou da abrangência de grandes recortes espaciais, como é o caso das análises regionais e globais, cada vez mais demandadas. Em relação aos avanços da representação temporal, vê-se um aumento das pressões por soluções que viabilizem o acompanhamento de fenômenos quase que em tempo real, o que viabiliza a compreensão de dinâmicas e a realização efetiva de ações no território.

## Referências Bibliográficas

ALMEIDA, P. M. M.; CRUZ, C. B. M.; AMARAL, F. G.; FURTADO, L. F. A.; DUARTE, G. S.; SILVA, G. F.; BARROS, R. S.; MARQUES, J. V. F. P. A.; BASTOS, R. M. C.; ROSÁRIO, E. S.; SANTOS, V. F.; ALVES, A.; CHAVES, F. O.; SOARES, M. L. G. Mangrove typology: a proposal for mapping based on high spatial resolution orbital remote sensing. *Journal of Coastal Research (JCR)*, Published by Coastal Education and Research Foundation (CERF), n. 95, p. 1-5, 2020. DOI:10.2112/SI95-001.1.

BECKER, J. H.; CENTENO, J. A. S. Avaliação de métodos de filtragem de nuvens de pontos derivados do sistema laser scanner aerotransportado para obtenção de MDT. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 65, n. 4, p. 651-659, 2013.

BROTTON, J. *Uma história do mundo em doze mapas*. Rio de Janeiro: Zahar, 2012.

BUZAI, G. Geografía Global: El Paradigma Geotecnológico y el Espacio Interdisciplinario en la Interpretación del mundo del siglo XXI. *Estudios Geográficos*, n. 245, p. 621-648, 2001. DOI: 10.3989/egеоgr.2001.i245.269.

\_\_\_\_\_. Geoinformática: teoría y aplicación. *Anales de la Sociedad Argentina de Estudios Geográficos*, n. 19, p. 11-17, 1992.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. *Introdução ao Geoprocessamento*. 2001. Disponível em <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap1-introducao.pdf>. Acesso em: jun. 2022.

CARIS, E. A. P.; CRUZ, C. B. M.; KURTZ, B. C. Analysis of Altimetric Data obtained by LiDAR in an area of Atlantic Forest in Southeastern Brazil. *Revista Tamoios*, São Gonçalo, v. 16, n. 2, p. 67-85, 2020. DOI: 10.12957/tamoios.2020.47023.

CASTIGLIONE, L. H. G. *Epistemologia da Geoinformação: uma análise histórico-crítica*. 2009. 371f. Tese (Doutorado em Ciência da Informação) – Programa de Pós-graduação em Ciência da Informação, Universidade Federal Fluminense, Niterói.

\_\_\_\_\_. Evolução histórica da Geoinformação In: MENEZES, P. M. L.; FERNANDES, M. C.; CRUZ, C. B. M. *Cartografias do ontem, hoje e amanhã*. Curitiba: Editora Appris, 2021. p. 7-40

CASTRO, I. E.; GOMES, P. C. C.; CORRÊA, R. L. *Explorações geográficas*. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 1997.

CRUZ, C. B. M.; ALMEIDA, P. M. M.; AMARAL, F. G.; BARROS, R. S.; SOUZA, E. M. F. R.; VICENS, R. S. Mapping the Atlantic Forest: GEOBIA contributions in a multiscale approach. In: *GEOBIA, Proceedings*. Montpellier: GEOBIA, 2018.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. BARROS, R. S.; FERNANDES, M. C.; SOUZA, E. M. F. R.; CARIS, E. P. A.; MENEZES, P. M. L. Supported mapping with multi sensor images through strategy focused on customization and integration of generalized classes by GEOBIA. In: *GEOBIA, Proceedings*. Amsterdam: GEOBIA, 2016.

\_\_\_\_\_; VICENS, R. S.; SEABRA, V. S.; REIS, R. B.; FABER, O. A.; RICHTER, M.; ARNAUT, P. K. E.; ARAÚJO, M. Classificação orientada a objetos no mapeamento dos remanescentes da cobertura vegetal do bioma Mata Atlântica, na escala 1:250.000. In: XIII SBSR, *Anais*. Florianópolis: INPE, p. 5691-5698, 2007.

FERNANDES, M. C. *Desenvolvimento de rotina de obtenção de observações em superfície real: uma aplicação em análises geocológicas*. 2004. 263 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_. Discussões conceituais e metodológicas do uso de geoprocessamento em análises geocológicas In: BICALHO, A. M. S. M.; GOMES, P. C. C. *Questões metodológicas e novas temáticas na pesquisa geográfica*. Rio de Janeiro: Publit, 2009. p. 280-299.

\_\_\_\_\_.; HEESOM, D.; FULLEN, M. A.; ANTUNES, F. S. Flood dynamics: a geocological approach using historical cartography and GIScience in the city of Petrópolis (Brazil). *European Journal of Geography*, v. 11, p. 73-92, 2020. DOI: 10.48088/ejg.m.fer.11.1.73.92.

\_\_\_\_\_.; OLIVEIRA, L. F. B.; COLARES, I. V. V.; ARAÚJO, R. S.; LIMA, P. H. M. Comportamento de análises em superfície planimétrica e modelada frente a representações cartográficas e índices geomorfológicos – bacia do rio Cuiabá – Petrópolis (RJ). *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 18, p. 737-753, 2017. DOI: 10.20502/rbg.v18i4.1210.

\_\_\_\_\_.; SANTOS, T. L. C.; COURA, P. H. F.; MENEZES, P. M. L.; GRAÇA, A. J. S. Modeled Surface Observations for Spatial Analysis of Landscape Dynamics. *Journal of Geographic Information System*, v. 5, p.409-417, 2013. DOI: 10.4236/jgis.2013.54039.

GALVANIN, E. A. S.; NEVES, S. M. A. S.; CRUZ, C. B. M.; NEVES, R. J.; JESUS, P. H. H.; KREITLOW, J. P. Avaliação dos índices de vegetação NDVI, SR e TVI na discriminação de fitofisionomias dos ambientes do pantanal de Cáceres/MT. *Revista Ciência Florestal*, v. 24, n. 3, p. 707-715, 2014.

GEWIN, V. Mapping Opportunities. *Nature*, Nature Publishing Group, v. 427, n. 22, 2004.

GOMARASCA, M. A. *Basics of Geomatics*. Londres: Springer, 2009.

GOMES, P. C. C. *Quadros geográficos: uma forma de ver, uma forma de pensar*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2017.

GOODCHILD, M. F. Geographical information science. *International Journal of Geographical Information Systems*, v. 6, n.1, p. 31-45, 1992.

\_\_\_\_\_. Citizens as sensors: the world of volunteered geography. *GeoJournal*, Springer, n. 69, p. 211-221, 2007. DOI 10.1007/s10708-007-9111-y.

\_\_\_\_\_. Twenty years of progress: GIScience in 2010. *Journal of Spatial Information Science*, n. 1, p. 3-20, 2010. DOI: 10.5311/JOSIS.2010.1.2.

\_\_\_\_\_. Geography and geographic information science: An evolving relationship. *The Canadian Geographer / Le Géographe canadien*, v. 63, n. 4, p. 530-539, 2019. DOI: 10.1111/cag.12554.

HAHMANN, S.; BURGHARDT, D.; WEBER, B. "80% of All Information is Geospatially Referenced"??? Towards a Research Framework: Using the Semantic Web for (In)Validating this Famous Geo Assertion. *AGILE*, p. 18-22, 2011.

HEY, T.; TANSLEY, S.; TOLLE, K. *O quarto paradigma: descobertas científicas na era da eScience*. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

JENSEN, J. R. *Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres*. Traduzido por pesquisadores do INPE. São José dos Campos: Editora Parêntese, 2009.

LI, S.; DRAGICEVIC, S.; CASTRO, F. A.; SESTER, M.; WINTER, S.; COLTEKIN, A.; PETTIT, C.; JIANG, B.; HAWORTH, J.; STEIN, A.; CHENG, T. Geospatial big data handling theory and methods: A review and research challenges. *ISPRS J. Photogram. Remote Sensing*, v. 115, p. 119-133, 2015. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2015.10.012.

LONGLEY, P. A; GOODCHILD, M. F; MAGUIRE, D. J.; RHIND, D. W. *Sistemas e ciência da informação geográfica*. Porto Alegre: Bookman, 2013.

MAGALHÃES, D. M.; OLIVEIRA, B. A. G.; AMARAL, F. G.; CRUZ, C. B. M. Trajetórias evolutivas da paisagem das áreas de supressão florestal da Amazônia Legal. In: V Jornada de Geotecnologias do Estado do Rio de Janeiro (V JGEOTEC), *Anais*. Niterói: JGEOTEC, p. 344-354, 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=5RsELyUVCE0&list=PL9duhUdhN6yZRfISRtrtUBVvk02XEGjdhZ&index=5>. 2020.

MENEZES, P. M. L. *Evolução político-administrativa do Estado do Rio de Janeiro*. Conferência Temática. Disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=QqPNNcP0g5l>. Acesso em: 15 jun. 2022.

\_\_\_\_\_; FERNANDES, M. C. Roteiro de cartografia. São Paulo: Oficina de Textos, 1. ed., 2013.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. Roteiro de Cartografia. São Paulo: Oficina de Textos, 1. reimp., 2018.

\_\_\_\_\_; LAETA, T.; SANTOS, K. S.; FERNANDES, M. C. Cartografia histórica e geoinformação. In: MENEZES, P. M. L.; FERNANDES, M. C.; CRUZ, C. B. M. *Cartografias do ontem, hoje e amanhã*. Curitiba: Editora Appris, 2021a. p. 51-92.

\_\_\_\_\_; SANTOS, K. S.; LAETA, T. Evolução político-administrativa do Estado do Rio de Janeiro: um estudo histórico-toponímico. In: MENEZES, P. M. L.; FERNANDES, M. C.; CRUZ, C. B. M. *Cartografias do ontem, hoje e amanhã*. Curitiba: Editora Appris, 2021b. p. 93-134.

\_\_\_\_\_; CRUZ, C. B. M.; FERNANDES, M. C. *Cartografias do ontem hoje e amanhã*. Curitiba: Appris, 2021c.

NEVES, S. M. A. S.; CRUZ, C. B. M.; NEVES, R. J.; SILVA, A. Geotecnologias aplicadas na identificação e classificação das unidades ambientais do Pantanal de Cáceres/MT – Brasil. *Geografia*, v. 34, p.795-805, 2009.

RODRIGUEZ, J. M. M. *Teoría y Metodología de la Geografía*. Havana: Editoril Universitaria Félix Varela, 2015.

SANTOS, C. J. B. *Geonímia do Brasil: a padronização dos nomes geográficos num estudo de caso dos municípios fluminenses*. 2008. 340 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

SANTOS, K. S.; ANTUNES, F. S.; FERNANDES, M. C. The rivers, the city and the map as object of landscape dynamics analysis. *Mercator*, v. 18, p. 1-14, 2019. DOI: 10.4215/rm2019.e18021.

SILVA, D. V. S.; CRUZ, C. B. M. Tipologias de caatinga: uma revisão em apoio a mapeamentos através de sensoriamento remoto orbital e GEOBIA. *Revista do Departamento de Geografia da USP*, v. 35, p. 113-120, 2018. DOI: 10.11606/rdg.v35i0.142710.

SLUTER, C. R.; CRUZ, C. B. M.; MENEZES, P. M. L. *Cartography – maps connecting the world*. Nova York: International Publishing Springer, 2015.

SOUTO, R. D.; MENEZES, P. M. L.; FERNANDES, M. C. *Mapeamento participativo e cartografia social: aspectos conceituais e trajetórias de pesquisa*. Rio de Janeiro: Raquel Dezidério Souto, 2021.

SOUZA, E. M. F. R.; VICENS, R. S.; CRUZ, C. B. M. Identification of Successional Stages for the Conservation of Atlantic Forest in Rio de Janeiro – Brazil, from Hyperespectral Remote Sensing. In: 25th International Cartographic Conference. *Proceedings*. Paris: ICA, 2011.

Paulo Márcio Leal de Menezes, Carla Bernadete Madureira Cruz e Manoel do Couto Fernandes

TAYLOR, D. R. F. A Conceptual basis for cartography: new directions for the information era. *The Cartographic Journal*, Londres, n. 28/2, p. 213-216, 1991.

XAVIER da SILVA, J. *Processes and landforms in the South American coast*. 1973. 103f. Tese de Doutorado (PhD) – Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College. LSU.

YAO, X.; LI, G.; XIA, J.; BEM, J.; CAO, Q.; ZHAO, L.; MA, Y.; ZHANG, L.; ZHU, D. Enabling the big earth observation data via Cloud Computing and DGGs: Opportunities and Challenges. *Remote Sensing*, v. 12, n. 1/62, p. 1-15, 2020. DOI: 10.3390/rs12010062.

Recebido em: 08/09/2022.

Aceito em: 14/09/2021