

Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Ordenamento Mineral: Estudo de Caso da Exploração de Rochas Ornamentais no Noroeste do Espírito Santo

Cristiano Alves da Silva

Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM
Superintendência do DNPM no Ceará
Rua Dr. José Lourenço, N° 905 - 60.115-280 - Fortaleza - CE, Brasil
geocristiano@gmail.com

ABSTRACT: This study aims to demonstrate the importance of using remote sensing and GIS in the planning process and sustainable development of the extraction of ornamental stone in the northwestern state of Espírito Santo, formalizing and promoting environmental sustainability and health and safety of workers in this activity. For both the Coordination of GIS in partnership with the Coordination of Planning of Mining, of the National Department of Mineral Production - DNPM, accomplished the mapping and inventory of all existing quarries in the twelve municipalities in the northwest of Espírito Santo, who making up the pole northwest of extraction of ornamental stone. Were initially identified all quarries in the area of study through photo-interpretation of orthorectified aerial photographs taken in 2008, and later held a field stage to validate the information gathered in the office and collect data *in situ*. All information gathered was entered into a database of processual analysis composing the geographic information system of the extraction of ornamental stone in the northwestern of Espírito Santo, giving the framework necessary to combat predatory mining and promoting the extraction rational with respect to legislation, the middle environment and society. These tools have proven effective not only in the processual analysis aimed at planning the extraction of ornamental stone, but also as a tool for monitoring and management of this and other mining activities, the methodology can be applied elsewhere in the state of Espírito Santo and throughout the country.

Palavras-chave: geographic information system, granite, ornamental stone, mining, sistema de informação geográfica, granito, rochas ornamentais, mineração.

1. Introdução

Este trabalho consiste em descrever as técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento utilizadas no processo de ordenamento e desenvolvimento sustentável da extração de rochas ornamentais (granitos e afins) no noroeste do Espírito Santo.

De acordo com Jensen (2009) Sensoriamento Remoto consiste no registro da informação de uma determinada região, sem contato, por meio de instrumentos tais como câmeras, escâneres, lasers, dispositivos lineares e/ou matriciais localizados em plataformas tais como aeronaves ou satélites, e a análise da informação adquirida por meio visual ou processamento digital de imagem.

Jesen *apud* (Curran, 1987; Clarke, 2001; Jensen, 2005) sugere Sensoriamento Remoto como uma ferramenta que funciona em harmonia com outras ciências da informação geográfica (frequentemente chamadas *GIScience*), tais como cartografia, levantamento e Sistemas de Informação Geográfica – SIG.

Segundo Rocha (2000) SIG é um sistema com capacidade para aquisição, armazenamento, tratamento, integração, processamento, recuperação, transformação, manipulação, modelagem, atualização e exibição de informações digitais georreferenciadas.

Neste contexto, o Geoprocessamento surge como um conjunto de técnicas computacionais que opera sobre uma base de dados georreferenciados, capaz de integrar os diversos fatores que retratam a realidade de uma determinada região. (XAVIER-DA-SILVA, 2001)

Deste modo, a integração entre Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento se revela como uma poderosa ferramenta no processo de ordenamento e desenvolvimento sustentável da extração de rochas ornamentais no noroeste do Espírito Santo.

De acordo com o Anuário Mineral - DNPM (2006), o Estado do Espírito Santo é responsável por 55% da produção nacional de rochas ornamentais. Esta é uma importante

atividade econômica do Estado, em especial para a região noroeste onde a exploração de granito ornamental é a base econômica de vários municípios, responsável por boa parte da geração de trabalho e renda local, como pode ser comprovada pela arrecadação da Compensação Financeira pela Exploração dos Recursos Minerais – CFEM, arrecadada pelo DNPM no ano de 2005, onde o município de Nova Venécia liderou a arrecadação no Espírito Santo, o que lhe rendeu R\$ 612.435,18. Em todo o Estado o valor arrecadado da CFEM, através da produção de granitos, foi de R\$ 2.666.543,79. (SUMÁRIO MINERAL – DNPM, 2006).

No entanto, essa exploração vem sendo conduzida em desrespeito a legislação mineral, ambiental e de segurança do trabalho, fato que ocasionou constantes ações de paralisação das atividades pelo Ministério Público, principalmente o Ministério Público do Trabalho, DNPM e órgão ambiental. Entretanto todas estas ações tiveram apenas alcance pontual, devido à inexistência de um diagnóstico da atividade demonstrando a abrangência da exploração, quantas e quais empresas estão em atividade bem como o passivo ambiental deixado pelas frentes de lavra paralisadas ou abandonadas.

Diante da importância socioeconômica da atividade de extração de rochas ornamentais no noroeste do Espírito Santo, faz-se importante estabelecer ações de políticas públicas que possam reverter esse quadro, fomentando o desenvolvimento sustentável do setor.

Neste contexto o Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM em conjunto com a Secretaria de Geologia e Minas do Ministério de Minas e Energia - SGM/MME colocaram em prática no ano de 2009 o projeto intitulado Ordenamento e Desenvolvimento Sustentável da Extração de Rochas Ornamentais no Noroeste do Espírito Santo, que tem como objetivo promover a formalização e a sustentabilidade ambiental e de saúde e segurança dos trabalhadores da atividade extrativa de rochas ornamentais no noroeste do Espírito Santo.

Para alcançar tal objetivo, o DNPM, através de sua Coordenação de Geoprocessamento em parceria com a Coordenação de Ordenamento da Mineração, realizou o mapeamento e cadastramento de todas as frentes de lavra existentes nos doze municípios do noroeste do Espírito Santo, que compõem o pólo noroeste de exploração de rochas ornamentais. Estes municípios foram divididos em três blocos, sendo abordado neste trabalho os dados levantados no Bloco-01, correspondente aos municípios de Barra de São Francisco, Vila Pavão e Nova Venécia. (Figura 01)

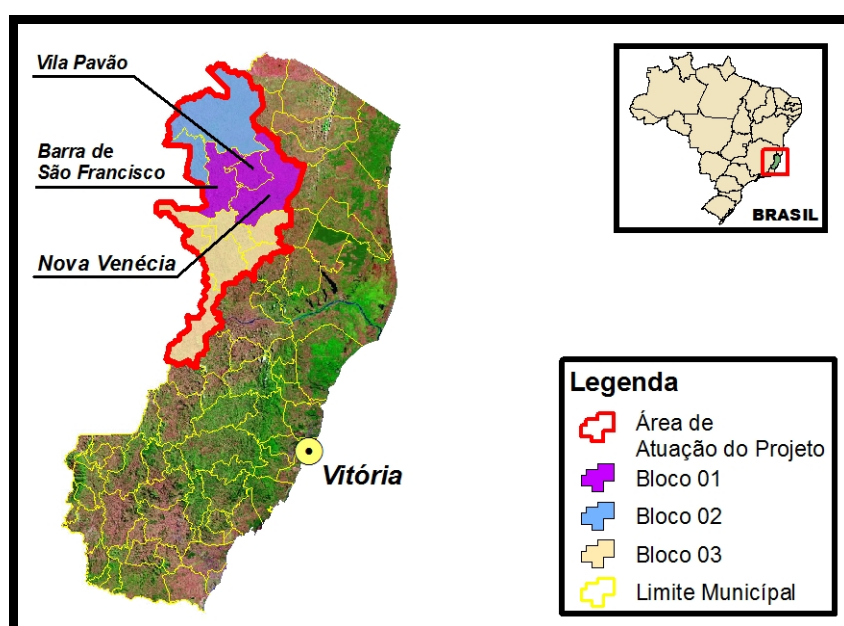


Figura 01. Mapa de Localização

Inicialmente foram identificadas todas as frentes de lavra existentes na área de estudo através da fotointerpretação de fotografias aéreas ortorretificadas obtidas no ano de 2008, sendo posteriormente realizada uma etapa de campo para validação das informações levantadas em escritório e coleta de dados *in situ*.

Todas as informações levantadas foram inseridas em um Banco de Dados de Análise Processual compondo o SIG da Exploração de Rochas Ornamentais do Noroeste do Espírito Santo, dando o arcabouço necessário para o combate a mineração predatória e o fomento a exploração racional com respeito à legislação, ao meio ambiente e a sociedade.

2. Metodologia de Trabalho

Para alcançar o objetivo de realizar o ordenamento e desenvolvimento sustentável da extração de rochas ornamentais (granitos e afins) no noroeste do Espírito, foram utilizadas técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento, divididas em duas etapas.

2.1. 1ª Etapa: Fotointerpretação das frentes de lavra

Esta primeira etapa consistiu na fotointerpretação e vetorização de todas as possíveis frentes de lavra de rochas ornamentais no noroeste do Espírito Santo, com base em fotografias aéreas ortorretificadas adquiridas no ano de 2008.

A utilização de fotografias aéreas para identificação dos locais de extração se mostrou muito eficaz, tendo em vista que a observação da área de estudo segundo uma perspectiva aérea permite identificar frentes de lavra em locais que não poderiam ser localizados se as observações fossem limitadas a uma visada a partir da superfície terrestre, como no caso de várias pedreiras localizadas dentro de fazendas.

O processo de fotointerpretação utilizado neste estudo aplicou os elementos de interpretação definidos por Jensen (2009) de *sítio*, *situação* e *associação*, sendo estes utilizados sinergicamente, evitando o mapeamento de *alvos negativos*¹.

Neste contexto, *sítio* se refere a um local que por suas características físicas são propícios a existência de uma frente de lavra de granito (p.ex., um afloramento granítico). Já a *situação* refere-se à organização e orientação dos objetos na fotografia (p.ex., toda frente de lavra possui uma estrada para acesso dos maquinários e escoamento da produção). Quanto à *associação*, esta se refere ao fato de que, quando se avalia um certo fenômeno ou atividade, quase que invariavelmente encontram-se feições ou atividades relacionadas ou associadas (p.ex., próximo a frente de lavra geralmente existe um pátio de estocagem e carregamento).

Nesta etapa também foram usadas informações *colaterais*, tais como limite municipal, curvas de nível, estradas, zonas urbanas e as poligonais dos títulos minerários autorizados pelo DNPM na região bem como as fotografias aéreas.

Todas estas informações, assim como as possíveis frentes de lavra identificadas na imagem, denominadas alvos, foram inseridas em um Sistema de Informação Geográfica – SIG, para subsidiar nos trabalhos realizados na segunda etapa, onde foi realizada a validação e coleta dos dados *in situ*.

2.2. 2ª Etapa: Validação e coleta dos dados *in situ*

De posse do SIG elaborado na primeira etapa, contendo todas as informações *colaterais* descritas anteriormente e com os alvos identificados no processo de fotointerpretação, foi realizada a segunda etapa deste trabalho que consistiu na validação das informações geradas na etapa anterior e coleta de dados *in situ*.

¹ Entende-se por alvo negativo áreas identificadas na imagem que por suas características podem ser interpretados como uma frente de lavra (p.ex., terraplanagem).

Esta etapa foi dividida em duas fases, a primeira corresponde à fase de campo, na qual foi realizada a validação e coleta dos dados *in situ*. Já na fase de escritório todos os dados levantados na fase de campo foram compilados gerando dois produtos: Banco de dados de Análise Processual e SIG da Exploração de Granito Ornamental no Noroeste do Espírito Santo, como pode ser observado na Figura 02 e descrito com detalhe a seguir.

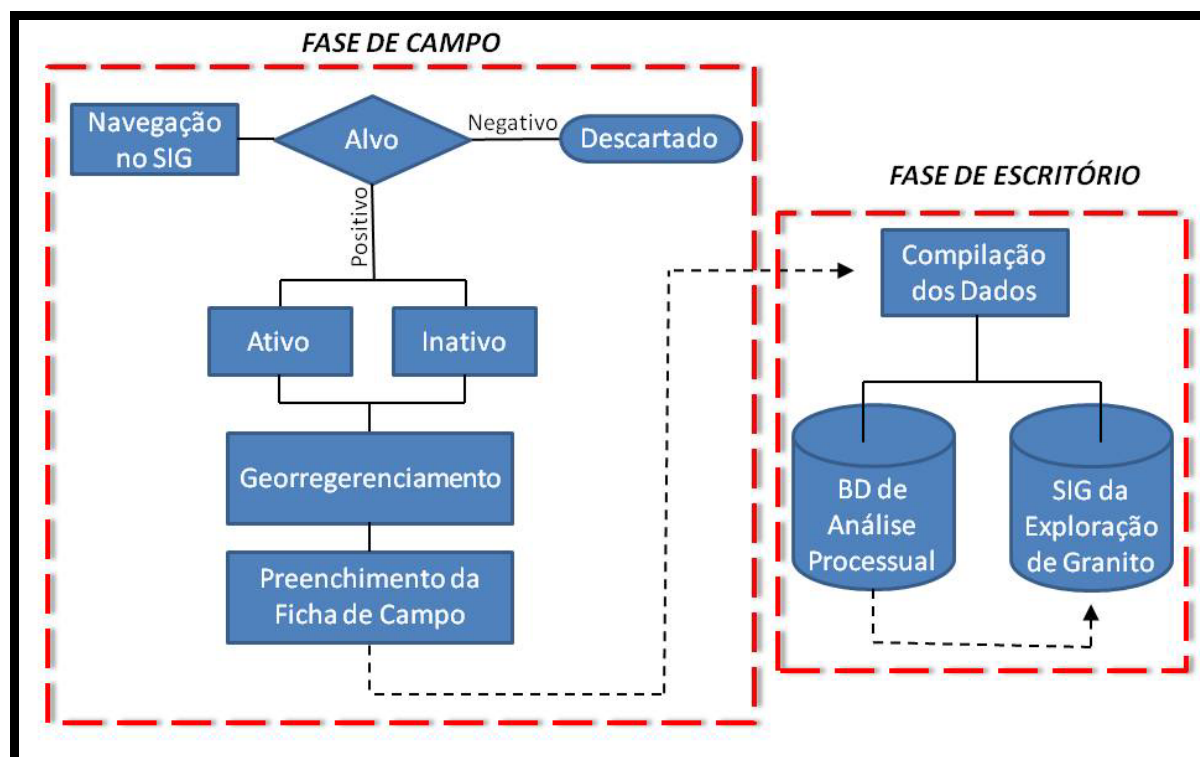


Figura 02. Processo de Validação e Coleta de dados *in situ*

Para realizar a etapa de campo foram utilizados os seguintes equipamentos:

- 01 carro 4x4;
- 01 notebook;
- 02 receptores GPS de navegação;
- 01 antena externa, conector mcx;
- 01 máquina fotográfica digital;
- 01 conversor de energia de 150W;
- Fichas de campo.

Para localizar cada alvo mapeado no processo fotointerpretação, foi realizada uma navegação em tempo real utilizando um notebook contendo o SIG elaborado na primeira etapa, acoplado a um receptor GPS de navegação conectado a uma antena externa colocada no teto do carro. Para garantir autonomia de energia para um dia inteiro de trabalho, o notebook foi conectado a um conversor de energia de 150W ligado ao acendedor de cigarros do carro.

Como nem sempre é possível chegar com o carro até o local da lavra, principalmente no caso das frentes de lavra paralisadas, foi utilizado um segundo receptor GPS para georreferenciar as frentes de lavra. Após o georreferenciamento o técnico realiza o registro fotográfico da lavra e coleta as informações do local através do preenchimento de uma ficha de campo, conforme a descrição contida no Quadro 01 e ilustrada na Figura 03.

VALIDAÇÃO		
Negativo		o alvo não se configura como uma extração de granito
Positivo	Inativo	a extração de granito se encontra abandonada ou paralisada temporariamente
	Ativo	a extração está em plena atividade
COLETA DE DADOS		
Nº do Processo DNPM		Situação Ambiental
Titular do Processo		Equipamentos Utilizados
Informante		Principais Consumidores
Nº Pessoal Ocupado		Destino da Produção
Produto Extraído		Situação do Processo
Produção (m³/mês)		Registro Fotográfico
Preço (R\$/m³)		Coordenada x,y da Frente de Lavra

Quadro 01. Validação e coleta dos dados

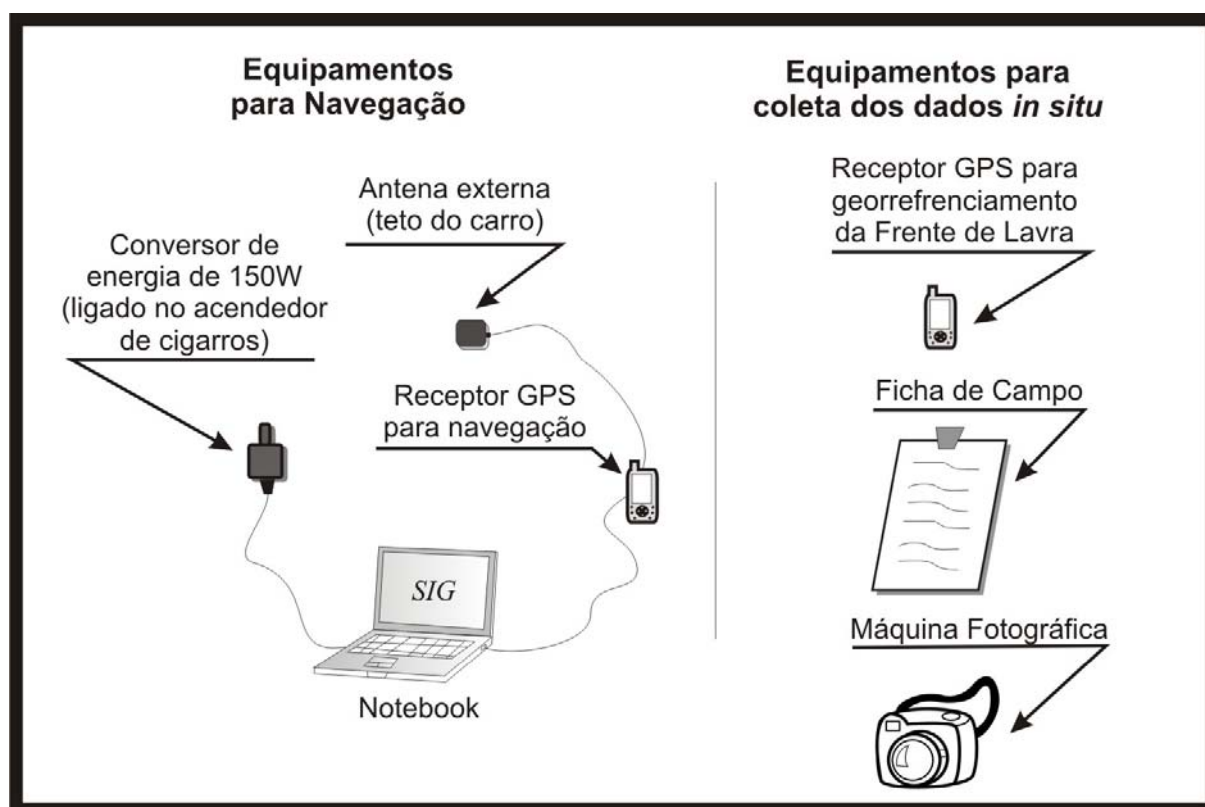


Figura 03. Equipamentos utilizados em campo

Como a área de atuação deste projeto corresponde a uma região praticamente recoberta em sua totalidade por Títulos Minerários, todos os alvos mapeados estão inseridos em algum processo no DNPM. Sendo assim todas as informações levantadas em campo foram agrupadas em um Banco de Dados de Análise Processual organizadas pelo número do processo correspondente.

Todas as informações contidas no Banco de Dados de Análise Processual estão inseridas no SIG da Exploração de Rochas Ornamentais do Noroeste do Espírito Santo, disponibilizado no *software ArcGis 9.3* (Figura 04) e no *software Google Earth* (Figura 05) para facilitar o acesso dos técnicos que não possuem licença do *software ArcGis* ou que não dominam o mesmo. Este por sua vez é um SIG dinâmico com constante atualização conforme é realizada a análise processual dos processos levantados na etapa de campo.

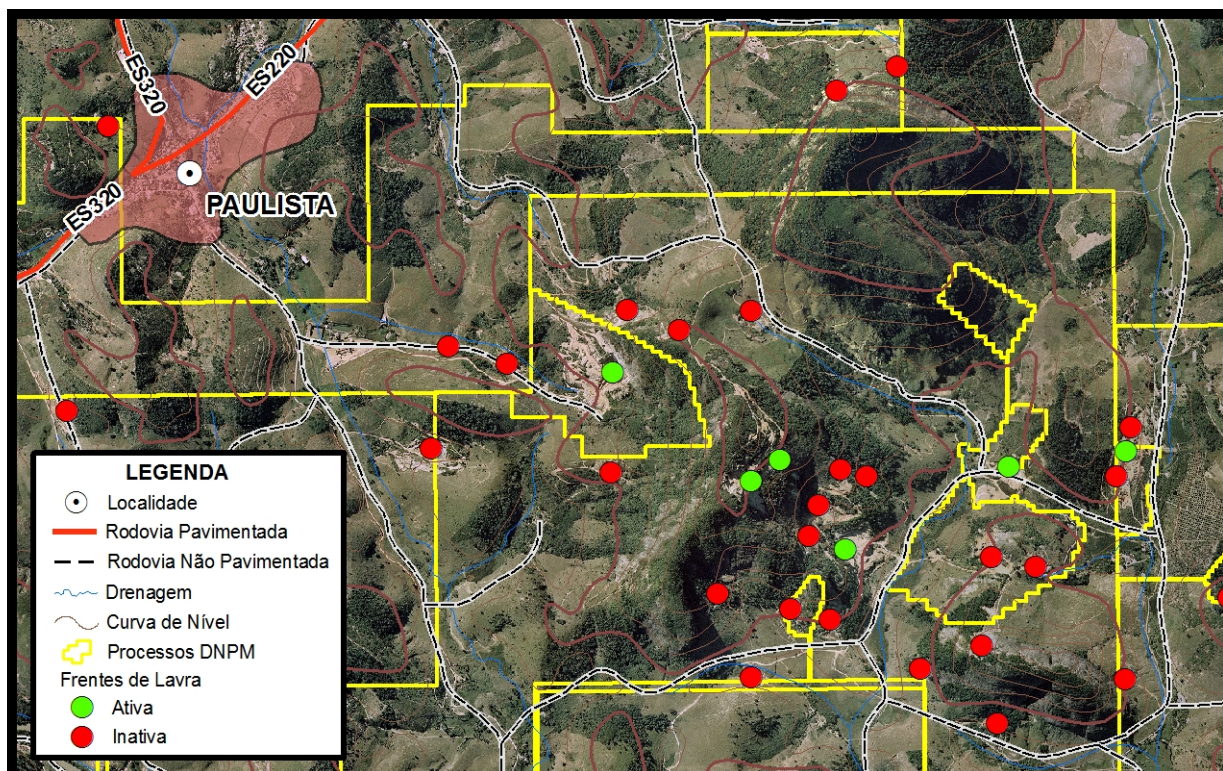


Figura 04. SIG da Exploração de Rochas Ornamentais no Noroeste do Espírito Santo - software Arcgis 9.3

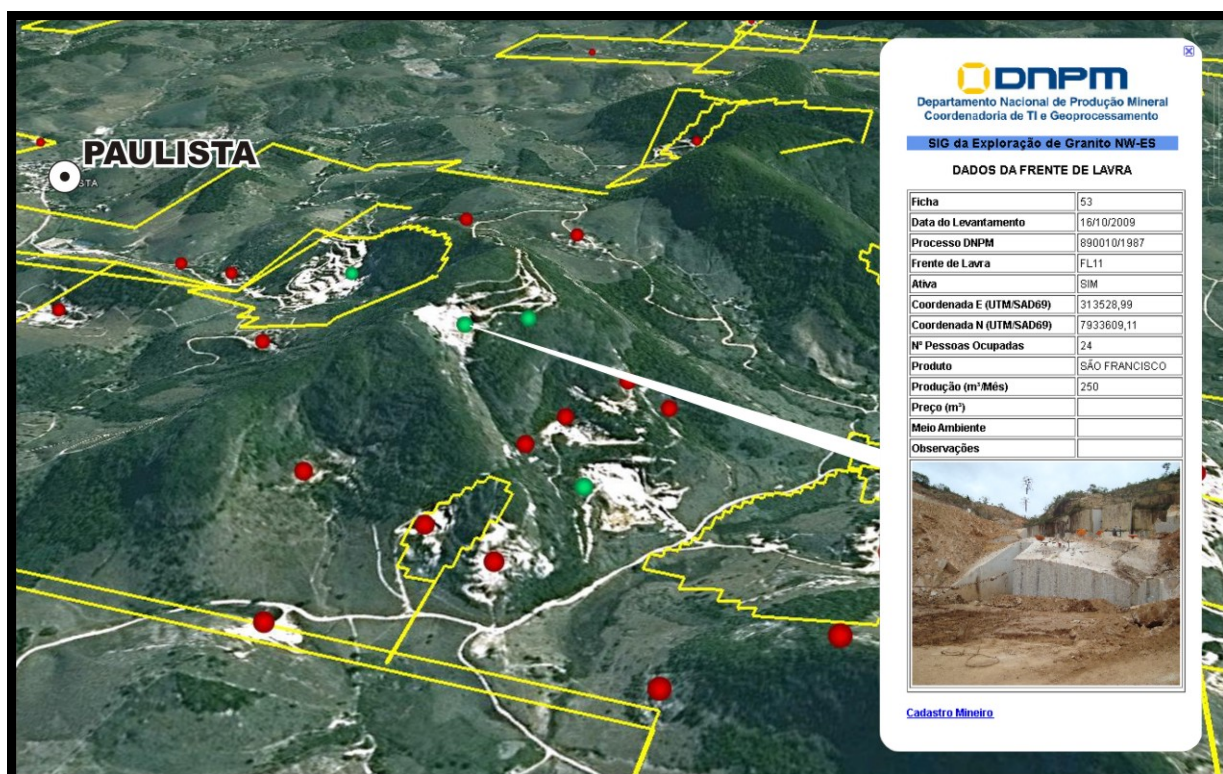


Figura 05. SIG da Exploração de Rochas Ornamentais no Noroeste do Espírito Santo - software Google Earth

3. Resultados e Discussão

Considerando os elementos de interpretação descritos na metodologia, foram identificados no Bloco-01 do Projeto de Ordenamento Mineral do Setor de Rochas Ornamentais do Noroeste do Espírito Santo 929 alvos, sendo que destes 554 se configuraram em alvos negativos, ou seja, 59,63% dos alvos identificados no processo de fotointerpretação. Este percentual alto de alvos negativos se deu devido à falta de um maior conhecimento empírico da área de estudo para uma maior eficácia da aplicabilidade dos elementos de fotointerpretação (*sítio, situação e associação*), fato comprovado pelos dados preliminares dos levantamentos no Bloco-02, onde o percentual de alvos negativos caiu para apenas 30%.

Dos alvos classificados como positivo, 64 correspondem a frentes de lavra em atividade e 311 paralisadas ou abandonadas, distribuídas em 178 processos no DNPM, conforme ilustrado na Figura 06.

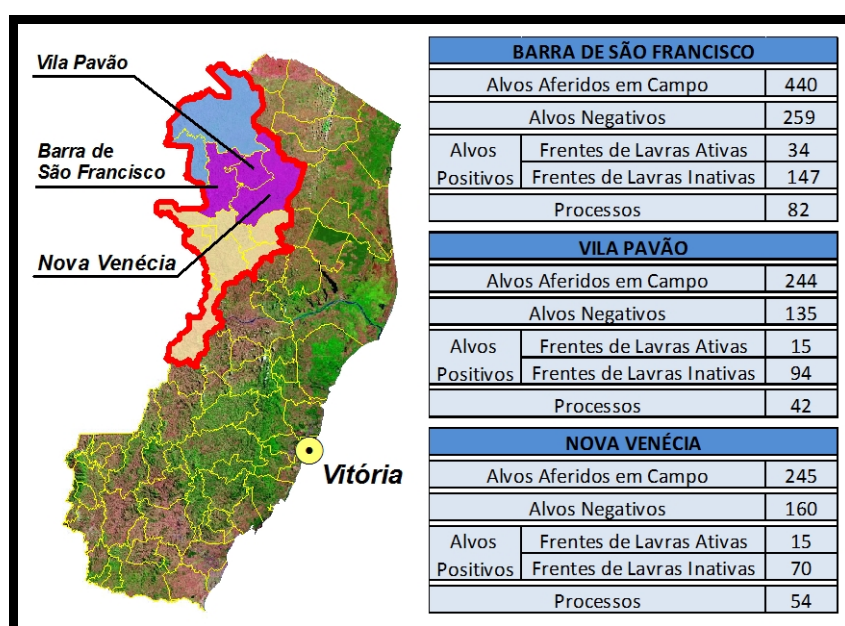


Figura 06. Frentes de lavra identificadas no Bloco-01 do Projeto de Ordenamento e Desenvolvimento Sustentável da Extração de Rochas Ornamentais no Noroeste do Espírito Santo

O grande número de frentes de lavra paralisadas ou abandonadas denota a falta de pesquisa para abertura das frentes, uma vez que muitos mineradores da região costumam abrir pequenas frentes de lavra com o intuito de avaliarem a viabilidade econômica da exploração. Como muitas vezes o material não corresponde ao esperado devido a fraturas e intrusões que inviabilizam a comercialização do mesmo, estas frentes de lavra são simplesmente abandonadas sem a devida recuperação da área.

De posse do Banco de Dados de Análise Processual e do SIG da Exploração de Granito Ornamental no Noroeste do Espírito Santo, o DNPM realizou um saneamento dos processos levantados *in situ*, sendo assim possível combater a mineração predatória e fomentar a exploração racional com respeito à legislação, ao meio ambiente e a sociedade.

Estas ferramentas se mostraram eficazes não somente na análise processual visando o ordenamento da extração de rochas ornamentais, mas também como uma ferramenta para acompanhamento e gestão desta e de outras atividades de mineração, podendo a mesma ser aplicada no restante do Estado do Espírito Santo e em todo o País.

Para tanto o DNPM deve investir no treinamento do corpo técnico da Superintendência do Espírito Santo, para manuseio e atualização contínua do SIG elaborado no projeto executado no noroeste do Estado.

Como passo inicial para difusão desta metodologia para todo o País, o DNPM através de sua Coordenação de Geoprocessamento deve investir na elaboração de SIGs estaduais, contendo todos os dados *colaterais* disponíveis em cada superintendência para utilização da navegação em tempo real nos trabalhos de fiscalização e posteriores ações específicas.

Neste contexto, esperasse que as ferramentas aqui descritas possam ser amplamente utilizadas na missão do DNPM de gerir o patrimônio mineral brasileiro, de forma social, ambiental e economicamente sustentável, utilizando instrumentos de regulação em benefício da sociedade. Sendo o mesmo reconhecido pela sociedade como uma instituição de excelência capaz de gerir o patrimônio mineral de forma sustentável no interesse da nação.

Referências Bibliográficas

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Anuário Mineral Brasileiro**. Brasília, DF: DNPM, 2006.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário Mineral**. Brasília, DF: Ministério de Minas e Energia, 2006.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em Recursos Terrestres**. Tradução de J. C. N. Epiphanyo. São José dos Campos, SP: Parênteses, 2009. 598 p. (Prentice Hall Series in Geographic Information Science) Tradução de: Remote Sensing of the environment: na earth resource perspective.

ROCHA, Cezar Henrique Barra. **Geoprocessamento: Tecnologia Transdisciplinar**. Juiz de Fora: Ed. Do Autor, 2000. 220 p.

XAVIER-DA-SILVA. **Geoprocessamento para Análise Ambiental**. Rio de Janeiro: Ed. do Autor, 2001. 228 p.