

Copyright 2005, Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás - IBP

Este Trabalho Técnico Científico foi preparado para apresentação no 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, a ser realizado no período de 2 a 5 de outubro de 2005, em Salvador. Este Trabalho Técnico Científico foi selecionado e/ou revisado pela Comissão Científica, para apresentação no Evento. O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pelo IBP. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões do Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, Sócios e Representantes. É de conhecimento e aprovação do(s) autor(es) que este Trabalho será publicado nos Anais do 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás

AVALIAÇÃO DE BACKGROUND GEOQUÍMICO PARA MONITORAMENTO AMBIENTAL EM ÁREAS DE EXPLORAÇÃO DE PETRÓLEO (MACAU-RN)

Reinaldo A. Petta¹, Michael Meyer², Fabiane H. S. Costa¹, Cynthia R. Duarte¹, Nilton L. Silva²

¹ Depto Geologia UFRN - Pós-Graduação em Geociências UFRN, Campus Universitário
59.970-072 Natal (RN) - petta@geologia.ufrn.br

² Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule (RWTH) Aachen (Alemanha)
m.meyer@rwth-aachen.de

Resumo – Este estudo tem a proposta de avaliação de parâmetros de background regional para diagnóstico físico-ambiental, e trabalha com a interação da quantificação geoquímica dos elementos presentes nos solos em áreas de influência de atividades de exploração de petróleo e os diversos aspectos físicos-ambientais da área. A definição dos parâmetros básicos para se estabelecer o "background" natural da área e sua interação com os aspectos fisiográficos irá fornecer importantes parâmetros para o monitoramento ambiental e para o estabelecimento de medidas mitigadoras em caso de acidentes ambientais, pois passa a compor valores de referencia em área do semi-árido. Foi desenvolvido um estudo baseado em mapeamento regional, onde amostras de solo foram coletadas em locais estratégicos da área e sobre as quais foram realizadas as seguintes análises: propriedades do solo, granulometria, análise química de elementos-traço, e difratometria de raios X. Os resultados da capacidade de troca catiônica, pH, matéria orgânica e concentração dos elementos-traços foram comparados com os padrões de referência de solos, previstos na legislação vigente. Todos os resultados obtidos neste estudo foram integrados em um Sistema de Informações Geográficas (SIG) composto por banco de dados, mapas, tabelas e *layouts* e que podem ser utilizados para modelar parâmetros regionais e subsidiar uma gestão ambiental na área de influência das atividades da Petrobrás.

Palavras-Chave: Geoquímica; petróleo; Sistema de Informações Geográficas.

Abstract – This study has the proposal of evaluation of parameters of regional background for physical-environmental diagnosis, and works with the interaction of the quantification geochemistry of the elements in soils in areas of influence of exploration of petroleum and the several physical-environmental aspects of the area. The definition of the basic parameters to establish the "natural background" of the area and its interaction with the physiographic aspects will supply important parameters for the environmental monitoring and for the establishment of reliever measures in case of environmental accidents, because it support reference values in area of the semi-arid. This study was developed based on regional mapping, where soil samples were collected at strategic places of the area and on which the following analyses were accomplished: properties of the soil, granulometry, chemical analysis of trace element, and X-Ray diffractometry. The results of the capacity of cationic change, pH, organic matter and concentration of the trace element were compared with the patterns of reference of soils, foreseen in the current law. All the results obtained in this study were integrated in a GIS that can be used to model regional parameters and to subsidize environmental administration in the area of influence of Petrobrás activities.

Keywords: Geochemistry, Petroleum, Geographic Information System

1. Caracterização do Problema

A Bacia Potiguar - área alvo da exploração de petróleo no RN - é uma região praticamente virgem, com uma taxa de ocupação humana extremamente baixa e com a maioria de seu espaço ambiental totalmente preservado naturalmente. Nas duas últimas décadas, a Petrobras aumentou consideravelmente suas atividades exploratórias nesta bacia, e dessa maneira houve uma expansão de toda sua infra-estrutura de exploração, aumentando consideravelmente o número de poços em terra, estrutura de transporte do óleo e/ou gás por dutos, a partir dos novos campos, além da instalação das lagoas de tratamento e locais de descarte de efluentes, estações de bombeamento e de tratamento, infra-estrutura (escritórios, galpões, garagens, almoxarifados, rede elétrica, hídrica, telefonia) e outras sub-estruturas.

Em áreas de atividades de exploração de petróleo, os efluentes sólidos, líquidos e emissões atmosféricas constituem as formas potenciais de contaminação do meio ambiente. Embora se preveja a devida atenção aos requisitos impostos pela legislação vigente, os organismos de monitoramento ambiental precisam de parâmetros de referência para a avaliação continuada do impacto causado pelo funcionamento dessa grande atividade em uma área, que no presente caso, exerce influência direta e/ou indireta em solos, riachos e rios, lagos e lagoas, ambientes costeiros, incluindo flora e fauna, cidades, lugarejos e propriedades rurais próximas, rodovias, ferrovias e atividades industriais de menor porte.

Este estudo pretende caracterizar geoquimicamente o solo da região, nas áreas próximas de núcleos de exploração de petróleo, e ainda não impactadas de forma a fornecer uma série de padrões químicos-ambientais em uma área do semi-árido onde poucos dados se tem disponíveis, e assim estabelecer padrões de *background* que servirão como referência em futuros casos de acidentes ambientais. Os objetivos deste trabalho podem ser separados em três focos principais: (i) Caracterização Geológica, Geomorfológica, Pedológica e da Vegetação; (ii) Caracterização Geoquímica de Solos; (iii) Elaboração de um Sistema de Informações Geográficas para gerenciar, monitorar e modelar os dados produzidos pelo projeto.

2. Localização da Área de Estudo

A área de estudo situa-se na porção setentrional do Estado do Rio Grande do Norte (Fig. 01), com dimensão aproximada de 38 Km². As principais cidades são Macau e Macaúzinho, a qual dista de Natal/RN, por via rodoviária, cerca de 190 km. Os principais acessos à região são as BR-304 (Natal-Açu) e BR-406 (Natal-Macau); a área é relativamente bem servida de estradas secundárias e vicinais.

3. Caracterização dos Solos

A cobertura pedológica da área de estudo, é caracterizada por diferentes tipos e associações de solos:

O tipo AMd são solos cujo material original corresponde aos sedimentos arenosos de origem marinha e, pontualmente, estuarina, depositados pela ação dos ventos.

O tipo SK1, caracterizado por apresentar crostas superficiais de sais cristalinos nos períodos de seca, é encontrados em áreas baixas (várzeas) do litoral norte.

O tipo AQd6 é composto pela associação de três diferentes tipos de solos caracterizados por: (i) Areias Quartzosas Distróficas, (ii) Latossolo Vermelho Amarelo Eutrófico, e (iii) Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico Latossólico.

O tipo LVe4, assim como o AQd6, é composto pela associação de três tipos de solos.

A figura 02 apresenta o mapa dos tipos de solos existentes na área. O mapeamento pedológico foi baseado nos mapas da SUDENE (1971) e da NATRANTEC (1998). Foram realizadas atualizações em etapas de campo juntamente com engenheiros agrônomos da ESAM/Mossoró e posteriormente de posse das amostras de terreno, foram feitas classificações supervisionadas, pelo método de máxima verossimilhança e do Paralelepípedo, utilizando-se as imagens do satélite SPOT, e com posterior vetorização via tela de computador direto no ArcView. Os softwares utilizados foram o Envi, ER Mapper 6.0 (composição colorida RGB, nas bandas 321 + 2) e geração de mapas de isolinhas no software Surfer. O programa ArcView 3.2, foi escolhido para montagem do sistema de informação pela sua facilidade de interface gráfica com o usuário e outros aplicativos e por sua possibilidade de aplicação em multimídia, deixando carregar facilmente dados espaciais e tabulares, podendo exibir os dados como mapas, tabelas e gráficos simultaneamente.

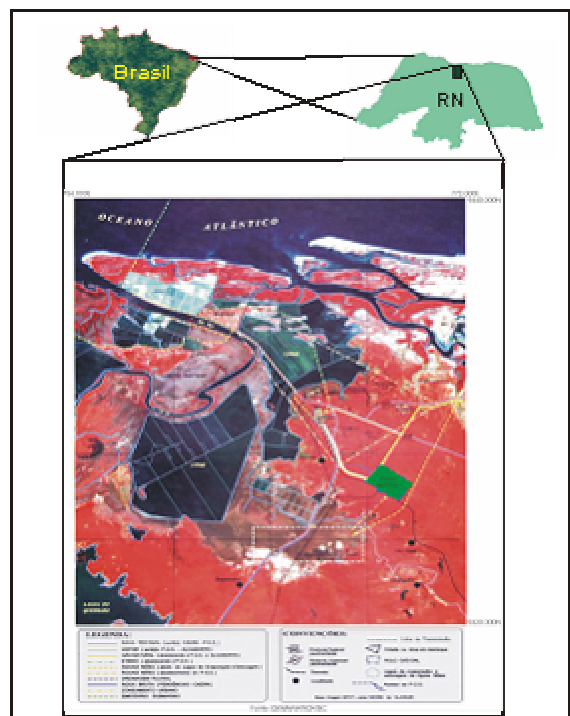


Figura 01- Localização da área de estudo

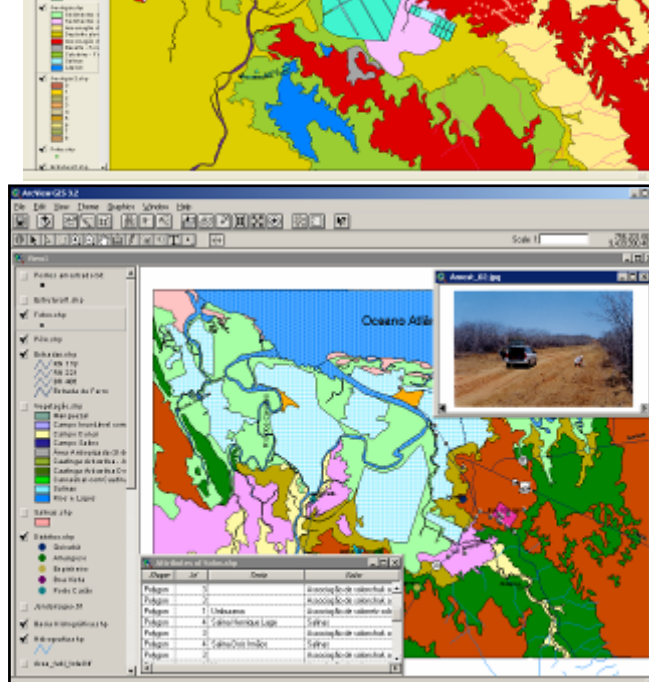


Figura 03 - Mapa Geológico em SIG ArcView e seu banco de dados.

4. Contexto Geológico

A área de estudos encontra-se inserida na Bacia Potiguar, que se situa na região centro-norte do RN. Limita-se a noroeste pelo Alto Estrutural de Fortaleza, a oeste e a sul pelas rochas do embasamento cristalino e a norte, a nordeste e a leste pela cota batimétrica -200 m. A caracterização da litoestratigrafia da Bacia Potiguar, utilizada neste trabalho, foi à subdivisão adotada por Araripe e Feijó (1994), que organizaram os litotipos da Bacia segundo três unidades principais, ordenadas da base para o topo como: Grupo Areia Branca, Grupo Apodi e Grupo Agulha. O Grupo Areia Branca constitui a sucessão basal da Bacia potiguar, de caráter eminentemente clástico continental, e inclui as formações Pendências, Pescada e Alagamar. O Grupo Apodi engloba as formações Açú, Ponta do Mel, Quebradas e Jandaíra. O Grupo Agulha envolve as formações Ubarana, Guamaré e Tibau, formadas por rochas sedimentares clásticas depositadas sob ambiente de alta e baixa energia. Três eventos magmáticos estão associados aos processos de formação da Bacia Potiguar e suas sedimentações correlatas, desde o Jurássico até o Terciário.

5. Amostragem e Tratamento das Amostras

Os trabalhos de campo foram realizados em duas etapas (período seco e época de chuvas). As amostras foram retiradas do horizonte superficial do solo, atingindo um máximo de 20 cm de profundidade e pesando aproximadamente 2 kg. Retiraram-se os materiais orgânicos superficiais, como folhas secas e gravetos, o solo se apresentava em sua maioria, bastante argiloso e homogêneo, com uma pequena diferença na coloração. Os pontos de coleta foram distribuídos de forma uniforme por sobre a área, de maneira que, chegou-se a um conjunto de 70 pontos (Figura 04) que melhor representavam a área de estudo e cujas amostras foram utilizadas para as análises químicas e físicas.

A preparação das amostras encontra-se resumida na figura 05 que apresenta o fluxograma do tratamento das amostras. As amostras que seguiram para a análise química de metais foram apenas quarteadas no Laboratório de Sedimentologia (UFRN). O peneiramento deu-se no Laboratório da Universidade de Aachen (Alemanha), para não haver contaminação do material. O peso inicial aproximado das amostras era de 2 kg, separou-se em 4 alíquotas de 250gr. Com uma alíquota de 250 gr foi feito o ensaio granulométrico e a fração inferior a 0,062 mm de cada amostra foi separada para ser analisada no granulômetro a laser. Nos pontos escolhidos para a difração de raios X, utilizou-se a mesma fração peneirada que seguiu para a granulometria a laser, o pó sofreu tratamento com H_2O_2 e foi feita uma suspensão (Lei de Stokes). Uma segunda alíquota de 250 gr foi utilizada para a análise química de metais, estas amostras foram apenas quarteadas. Para as análises químicas das propriedades do solo, foram necessários 500 gr de solo apenas quarteado.

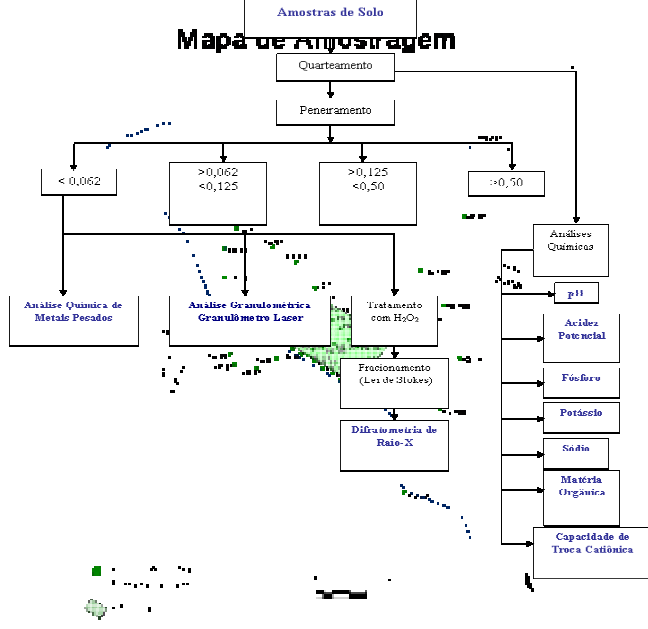


Figura 04 – Mapa de Amostragem

Figura 05 - Fluxograma do tratamento das amostras.

6. Geoquímica

6.1 - Difração de Raios X - Este método analítico foi utilizado neste trabalho, com o propósito de caracterizar os argilominerais existentes na área de estudo, já que são de grande importância do ponto de vista ambiental. As amostras foram escolhidas com o auxílio de uma imagem de satélite da área (Landsat 5-TM, 1989), com base nos tons claros e escuros e que cobrissem a área da melhor forma possível, de maneira a verificar a existência de alguma eventual correlação entre o tipo de mineral, tipo de solo e coloração visualizada na imagem. Alguns resultados da difração podem ser observados na figura 06.

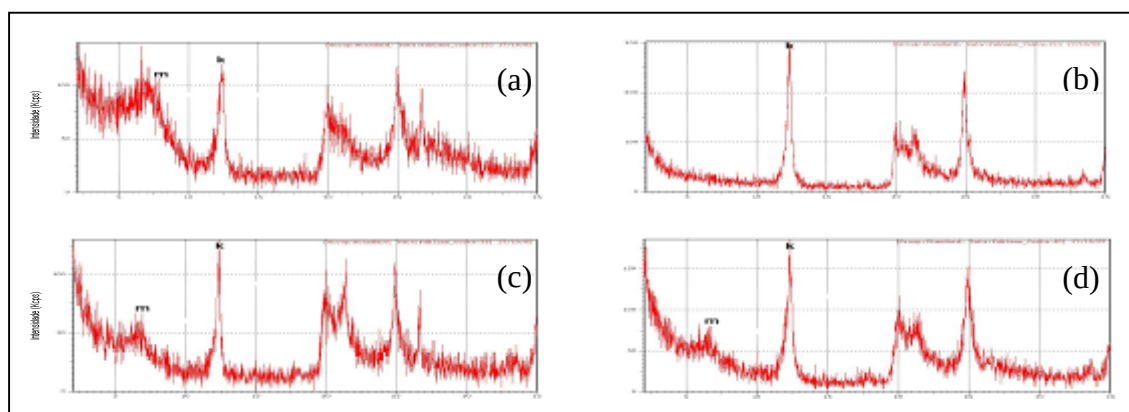


Figura 06: Resultado da Difração de Raios X (k = caolinita; m = montmorillonita e cl = clorita)

6.2 - Análises Químicas - Os parâmetros selecionados para as análises químicas nos solos, seguem uma metodologia pré-determinada no Relatório de estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo (CETESB, 2001), sendo eles: pH, CTC e matéria orgânica, por serem teoricamente relacionados com as concentrações naturais de metais no solo, tendo sido ainda acrescidos os parâmetros de acidez potencial, P, K e Na.

Nos resultados obtidos para a CTC, obteve-se um valor máximo de 26,98 e um mínimo de 3,53. Os dados encontram-se dentro do limite estabelecido pela CETESB, 2001. Os resultados encontrados para matéria orgânica encontram-se muito abaixo do limite mínimo permitido pela CETESB, 2001, tendendo a um máximo de 2%. Os resultados de pH, se comparados com os valores estabelecidos pela CETESB, 2001, encontram-se dentro dos limites permitidos. Pode-se dizer que os solos são levemente ácidos.

Com os resultados, foram elaborados mapas que representam a distribuição dos parâmetros de pH e CTC (Figuras 07 e 08) na área de estudo, com o objetivo de analisar as tendências dos mesmos na área e fazer uma correlação com outros parâmetros. A leste da região de atividade de exploração de petróleo, os valores de pH são em geral mais baixos apresentando dois mínimos: um no setor nordeste do mapa e outro a leste do pólo, com pH = 4,3. O mapa de pH, mostra um trend NE-SW na extremidade do pólo, onde estão concentrados os maiores valores, com um máximo de pH = 5,9. Na parte centro-oeste do mapa, encontra-se outro foco (Figura 07).

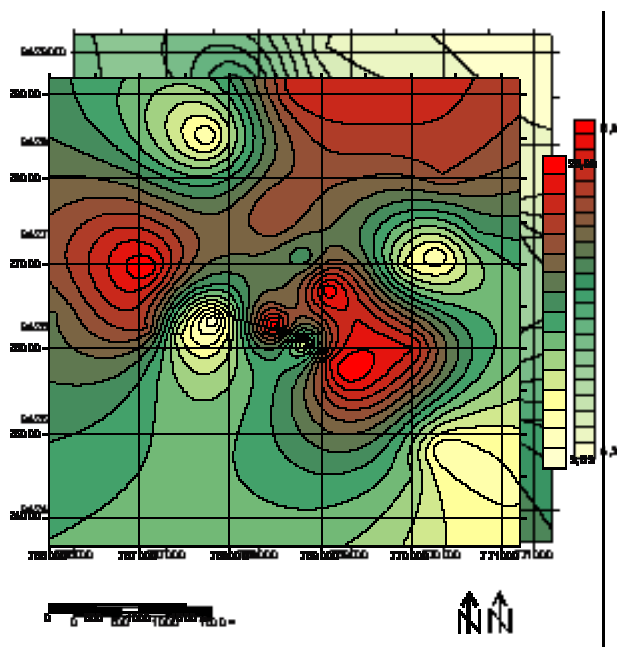
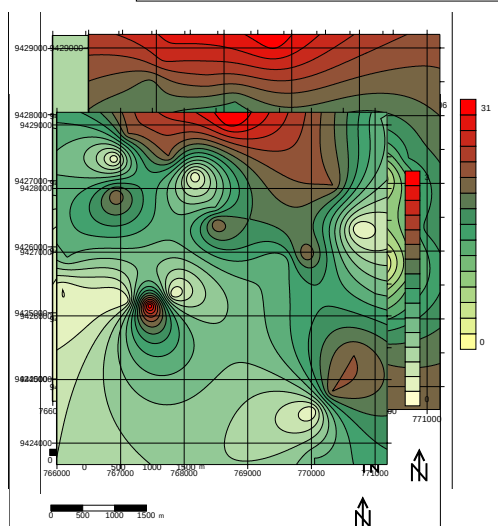
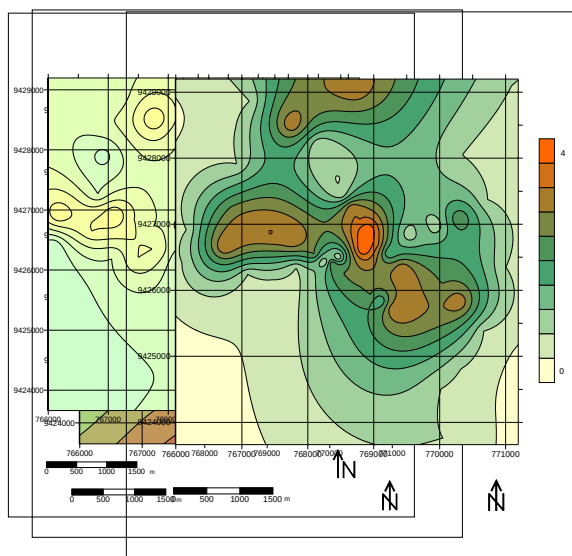


Figura 07: Mapa de isovalores de pH.

Figura 08: Mapa de isovalores de CTC (meq/100cm3).

As análises químicas de metais foram realizadas na Universidade RWTH de AACHEN – Alemanha, e os metais analisados foram os seguintes: As, Ba, Bi, Cd, Co, Cu, Cr, Ga, La, Mo, Nb, Ni, Pb, Rb, Sb, Se, Sn, Sr, V, Y, Zn, Zr e W, dentre todos os metais analisados, serão discutidos aqui os dados correspondentes a As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, V e Zn, pois estes elementos têm parâmetros dentro da legislação da CETESB (2001) que é a referência neste trabalho. Com base nos resultados obtidos, foi realizada uma análise estatística aplicando matriz de correlação e também foram gerados mapas de isotores para os elementos analisados. Observando os dados, pode-se dizer que os pares Ba-Pb, Cd-Cu, Sb-<0,062, Se-V, CTC-M.O. e os grupos Co com Cr, Cu, Ni, V, Zn e CTC; Cr com

Cu, Mo, Ni, Pb, Se, V, Zn, CTC e M.O.; Cu com Mo, Ni, Se, V, Zn e M.O.; Mo com Ni, Se, V, Zn e M.O.; Ni com Se, V, Zn, CTC e M.O.; Pb com Se e V; V com Zn, CTC e M.O.; Zn com CTC e M.O., possuem uma correlação positiva e os pares As-M.O., Mo-Pb, Ni-Pb e Se-pH possuem uma correlação negativa. Foram gerados os mapas de isotores para os elementos As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, V e Zn, cujo exemplo pode ser visto nas figuras 09A e 9B.



(A) Mapa de isotores de arsênio

(B) Mapa de isotores de molibdênio

(C) Mapa de isotores de bário

(D) Mapa de isotores de níquel

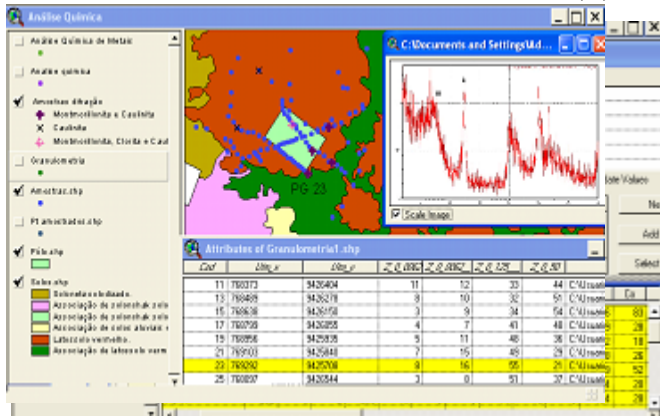
(E) Mapa de isotores de chumbo

(F) Mapa de isotores de selênio

Mapas de isovalores para os elementos
arsênio (A), molibdênio (B), bário (C)

Figura 09B – Mapas de isovalores para os

elementos (D), chumbo (E) e selênio (F)



7. Integração dos Dados

Com base em todos os dados obtidos, e com o sistema de informação (SIG) estruturado, várias consultas puderam ser realizadas, e assim visualizar espacialmente ao mesmo tempo informações diversas sobre o mesmo tema. Na figura 10A têm-se os temas dos dados analíticos, o tema de solos está ativo, pode-se observar onde se encontram os pontos que foram feitos as amostras de difração, o gráfico da difração do ponto 23 e ainda observar a tabela com a distribuição granulométrica. Na figura 10B, podem-se observar os temas analíticos ativos juntamente com o mapa de solos, onde estão em destaque quais os pontos em que o elemento níquel encontra-se acima de 13 ppm (padrão estabelecido pela CETESB). Como resposta, na tabela em que estão os resultados dos metais, os pontos ficam selecionados de amarelo e também podem ser visualizados no mapa.

Figura 10: Ilustração do SIG, com os temas analíticos, tabelas e figuras, em uma de suas possibilidades.

8. Referências

NATRONTEC, 1998. Estudo de Impacto Ambiental para a Implantação do Pólo Gás-Sal no Município de Macau-RN.

Diagnóstico, Análise de Impactos e Programa de gestão Ambiental. Relatório Final, Rio de Janeiro/Natal, 243 p.

ARARIPE, P.T. & FEIJÓ, F., 1994. Bacia Potiguar. Boletim de Geociências da PETROBRÁS. 8(1): 127-141.

CETESB, 2001. Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo. São Paulo, 246 p.