

NOTA TÉCNICA DPG-SPT Nº 01/2018

Estudo Regional da Porção Gaúcha da Bacia do Paraná

Parte 1 - Análise do Zoneamento Nacional de Recursos de Óleo e Gás 2017



NOTA TÉCNICA DPG-SPT Nº 01/2018

Estudo Regional da Porção Gaúcha da Bacia do Paraná

Parte 1 - Análise do Zoneamento Nacional de Recursos de Óleo e Gás 2017

Ministro

Fernando Coelho Filho

Secretário Executivo

Paulo Jerônimo Bandeira de Mello Pedrosa

Secretário de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

Marcio Felix Carvalho Bezerra



Empresa de Pesquisa Energética

Empresa pública, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, instituída nos termos da Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004, a EPE tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras.

Presidente

Luiz Augusto Nóbrega Barroso

Diretor de Estudos do Petróleo, Gás e Biocombustíveis

José Mauro Ferreira Coelho

Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais

Luiz Augusto Nóbrega Barroso (interino)

Diretor de Estudos de Energia Elétrica

Amilcar Guerreiro

Diretor de Gestão Corporativa

Álvaro Henrique Matias Pereira

**Diretoria de Estudos do Petróleo,
Gás e Biocombustíveis**

Superintendência de Petróleo

Coordenação Geral

José Mauro Ferreira Coelho

Coordenação Executiva

Marcos Frederico Farias de Souza

Coordenação Técnica

Regina Freitas Fernandes

Equipe Técnica

Pamela Vilela

Péricles Brumati

Roberta de Albuquerque Cardoso

<http://www.epe.gov.br>

Sede

Esplanada dos Ministérios Bloco "U"
Ministério de Minas e Energia - Sala 744 - 7º andar
Brasília - DF - CEP: 70.065-900

Escritório Central

Av. Rio Branco, n.º 01 - 11º Andar
20090-003 - Rio de Janeiro - RJ

Rio de Janeiro
Janeiro de 2018

(Esta página foi intencionalmente deixada em branco para o adequado alinhamento de páginas na impressão com a opção frente e verso - "*double sided*")

SUMÁRIO

Introdução	7
Objetivo.....	7
1 Síntese Geológica da Bacia	7
2 Principais Atividades do Setor de E&P na Bacia do Paraná	10
3 Infraestrutura de Abastecimento da Bacia do Paraná.....	12
4 Análise da Bacia do paraná em <i>Plays</i> Exploratórios.....	14
4.1 <i>Play</i> Rio Bonito �leo – arenitos marinhos costeiros Permiano com propensão para óleo	15
4.2 <i>Play</i> Alto Garças – arenitos costeiros NeoOrdoviciano	16
5 Recursos Não Convencionais na Bacia do Paraná.....	18
6 Perspectiva Econ�mica da Porção Gaúcha da Bacia do Paraná	21
6.1 Expectativa de Fluidos Predominantes	21
6.2 Importância Petrolífera das áreas	22
6.2.1 Intensidade Explotatória.....	23
6.2.2 Atividade Exploratória	23
6.2.3 Prospectividade	24
6.2.4 Evidência Direta de Hidrocarbonetos	25
6.2.5 Necessidade de Conhecimento.....	26
6.2.6 Infraestrutura de Abastecimento.....	27
6.2.7 Importância Petrolífera de �rea Total (IPA Total)	28
Referências Bibliográficas.....	30

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Informações geológicas da porção gaúcha da Bacia do Paraná	8
Tabela 2: Resumo de Atividades de E&P - Bacia do Paraná	11
Tabela 3: <i>Plays</i> da porção gaúcha da Bacia do Paraná	14
Tabela 4: Atributos do <i>play</i> Rio Bonito Óleo - Bacia do Paraná	15
Tabela 5: Atributos do <i>play</i> Alto Garças - Bacia do Paraná	17
Tabela 6: <i>Play</i> de óleo de folhelho na Bacia do Paraná	19
Tabela 7: <i>Play</i> de gás de folhelho na Bacia do Paraná	20

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1: Bacia Efetiva do Paraná	8
Figura 2: Carta Estratigráfica da Bacia do Paraná	9
Figura 3: Seção geológica da Bacia do Paraná	10
Figura 4: Atividades de E&P na porção gaúcha da Bacia do Paraná	11
Figura 5: Infraestrutura de abastecimento da Bacia do Paraná: refinarias, terminais e linhas de transmissão	12
Figura 6: Infraestrutura de abastecimento da Bacia do Paraná – UPGNs, gasodutos e UTE's	13
Figura 7: Mapa da bacia efetiva do Paraná com indicação das chances de descobertas de hidrocarbonetos	14
Figura 8: <i>Play</i> efetivo Rio Bonito Óleo na porção gaúcha da Bacia do Paraná	15
Figura 9: Expectativa de fluido do <i>play</i> efetivo Rio Bonito Óleo da Bacia do Paraná	16
Figura 10: <i>Play</i> efetivo Alto Garças na porção gaúcha da Bacia do Paraná	17
Figura 11: Expectativa de fluido do <i>play</i> efetivo Alto Garças na porção gaúcha da Bacia do Paraná	18
Figura 12: <i>Plays</i> de recursos não convencionais na porção gaúcha da Bacia do Paraná	19
Figura 13: <i>Play</i> de metano de carvão e as principais jazidas de carvão na porção gaúcha da Bacia do Paraná	21
Figura 14: Expectativa de fluidos predominantes	22
Figura 15: Mapa de Intensidade Exploratória	23
Figura 16: Mapa de Atividade Exploratória	24
Figura 17: Mapa de Prospectividade	25
Figura 18: Mapa de Evidência Direta de Hidrocarbonetos	26
Figura 19: Mapa de Necessidade de Conhecimento	27
Figura 20: Mapa de Infraestrutura de Abastecimento	28
Figura 21: Mapa de IPA Total	29

INTRODUÇÃO

O presente estudo dá início a uma série de estudos regionais a serem realizados pela EPE, com base no Zoneamento Nacional de Recursos de Óleo e Gás. O Zoneamento é um estudo que abrange todas as bacias sedimentares brasileiras com algum potencial petrolífero, para as quais é realizado um estudo geológico a partir da análise de *play* exploratório, além da verificação de aspectos econômicos relacionados às atividades exploratórias e de infraestrutura de abastecimento. Desse modo, é possível obter avaliações regionais que permitam a inclusão das especificidades locais.

Nesse primeiro caso, o estudo é direcionado para a Porção Gaúcha da Bacia do Paraná, e será realizado em 3 (três) partes:

Parte 1: Análise do Zoneamento Nacional de Recursos de Óleo e Gás (ZNMT) 2017. No âmbito do Zoneamento, a Bacia do Paraná foi estudada segundo a abordagem de análise de bacias, para avaliação de recursos convencionais, além da indicação de recursos não convencionais. Para os recursos convencionais foram definidos *plays* exploratórios a partir da identificação dos componentes geológicos que os compõem: carga (geração e migração), reservatório e trapa (selo e a estrutura trapeadora). Para os recursos não convencionais, além do betume e óleo de folhelho, foram indicadas áreas de possível ocorrência de outros 2 tipos de recursos (gás de folhelho e metano de carvão - *coalbed methane*). Também são apresentados os mapas de Importância Petrolífera de Áreas (IPA) para a região.

Parte 2: Análise sobre o potencial de metano de carvão. Realização de estudo com base em informações atualizadas.

Parte 3: Análise das bacias limítrofes. Atualização das informações utilizadas no ZNMT com respeito às bacias sedimentares argentina (Bacia do Chaco-Paraná) e uruguaia (Bacia Norte/Bacia do Paraná) que fazem fronteira com a Bacia do Paraná.

Esta Nota Técnica tratará especificamente da Parte 1: Análise do Zoneamento Nacional de Recursos de Óleo e Gás 2017 para a porção gaúcha da Bacia do Paraná.

OBJETIVO

O objetivo do presente documento é realizar uma análise da porção gaúcha da Bacia do Paraná, com base nos estudos do ZNMT 2017.

1 SÍNTESE GEOLÓGICA DA BACIA

A Figura 1 apresenta o mapa de localização da bacia efetiva¹ (abordagem geográfica) do Paraná. Suas principais características geológicas são mostradas na Tabela 1. Nota-se que a bacia efetiva abrange a parte centro-norte da porção gaúcha da bacia sedimentar. Os principais reservatórios de cada *play* exploratório e o principal gerador da bacia estão indicados na carta estratigráfica (Figura 2) e na seção geológica (Figura 3), assim como os recursos não convencionais considerados nesse ciclo².

¹ Bacia efetiva é a parte da bacia sedimentar com chances para a existência de acumulações de petróleo ou de gás natural. Fora dela, considera-se que a prospectividade da área sedimentar é praticamente nula, conforme o conhecimento vigente na época da avaliação.

² No ZNMT 2017 foram identificados 5 *plays* exploratórios na Bacia do Paraná, porém apenas 2 ocorrem na porção gaúcha da bacia (os *plays* 1 e 5). Assim ocorre também com os recursos não convencionais: em toda a bacia foram identificados 4 tipos, com a ocorrência de 2 na porção gaúcha.

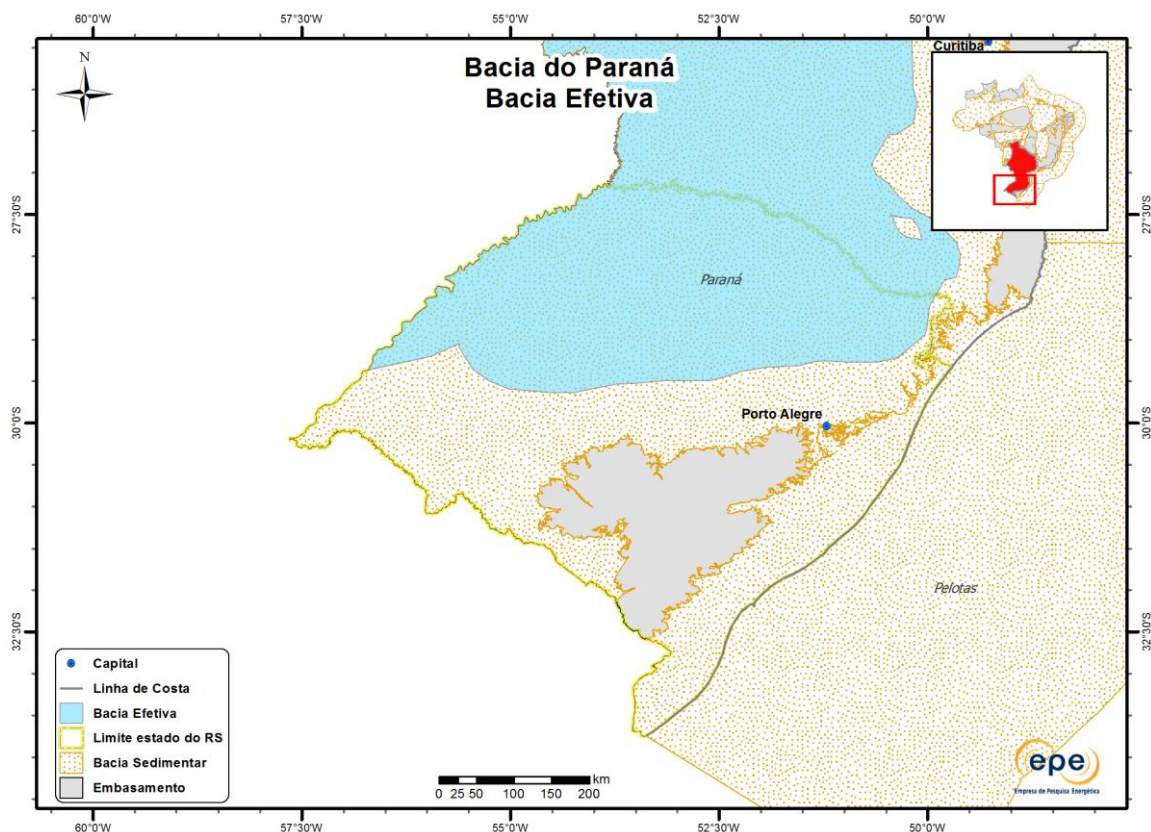


Figura 1: Bacia Efetiva do Paraná

Tabela 1: Informações geológicas da porção gaúcha da Bacia do Paraná

Situação Geográfica	terra	
Área Sedimentar (km²)	201.719	
Área da Bacia Efetiva (km²)	115.578	
Maturidade Exploratória	nova fronteira	
Sistema Petrolífero Principal	Ponta Grossa-Itararé (!) ³	
Plays Exploratórios	Nome do Play	Principal Reservatório
1	Rio Bonito Óleo	arenitos marinhos costeiros Permiano (Cisuraliano) - Formação Rio Bonito
5	Alto Garças	arenitos costeiros NeoOrdoviciano - Formação Alto Garças
Recursos Não Convencionais	Depósito	
Óleo de Folhelho	folhelhos pirobetuminosos Permiano (Cisuraliano) – Formação Irati	
Metano de Carvão	carvão EoPermiano – Formação Rio Bonito	

³ Neste estudo a nomenclatura utilizada para sistema petrolífero foi a proposta por Magoon e Dow (1994), que consiste no nome da rocha geradora, seguido pelo da rocha reservatório e do nível de incerteza representado por sinais de pontuação que indicam uma gradação quanto ao conhecimento geológico e nível exploratório da região. O sistema petrolífero é "Conhecido (!)", quando há uma correlação geoquímica entre o petróleo da acumulação e a rocha-geradora e, no caso do gás natural é identificada uma rocha-geradora gaseífera; é "Hipotético (.)", quando há informação geoquímica suficiente para identificar a rocha-geradora, mas não para relacioná-la com o petróleo do reservatório; e é "Especulativo (?)" quando a existência da rocha-geradora e da acumulação de petróleo é postulada inteiramente com base em evidências geológicas ou geofísicas.

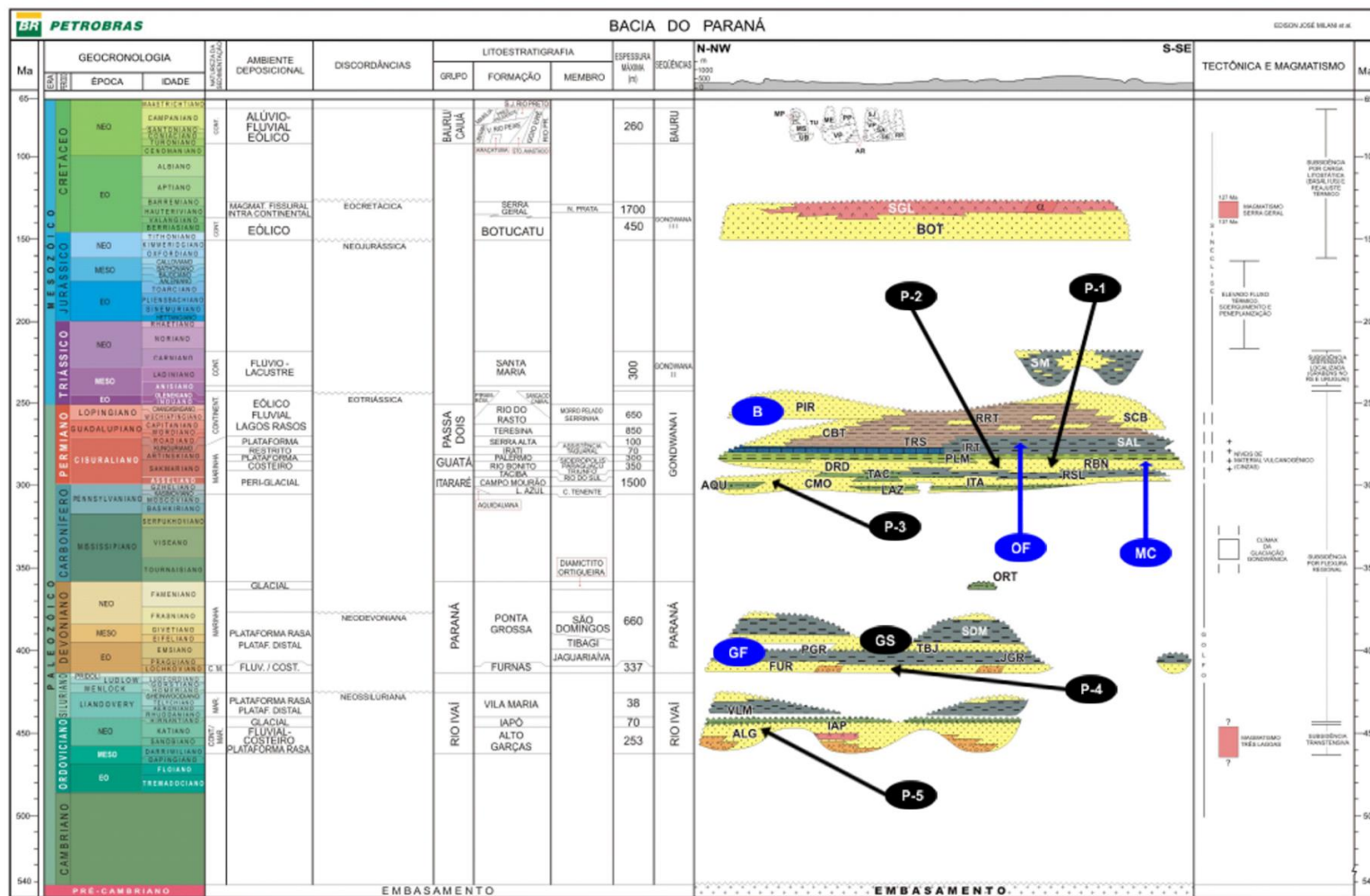


Figura 2: Carta Estratigráfica da Bacia do Paraná⁴
 Fonte: Adaptado de Petrobras (2007)

⁴ Nas figuras 2 e 3, os símbolos são indicativos do gerador do sistema petrolífero principal (GS), dos *plays* exploratórios convencionais (P), e dos *plays* não convencionais (B - betume, OF - óleo de folhelho, GF - gás de folhelho e MC - metano de carvão).

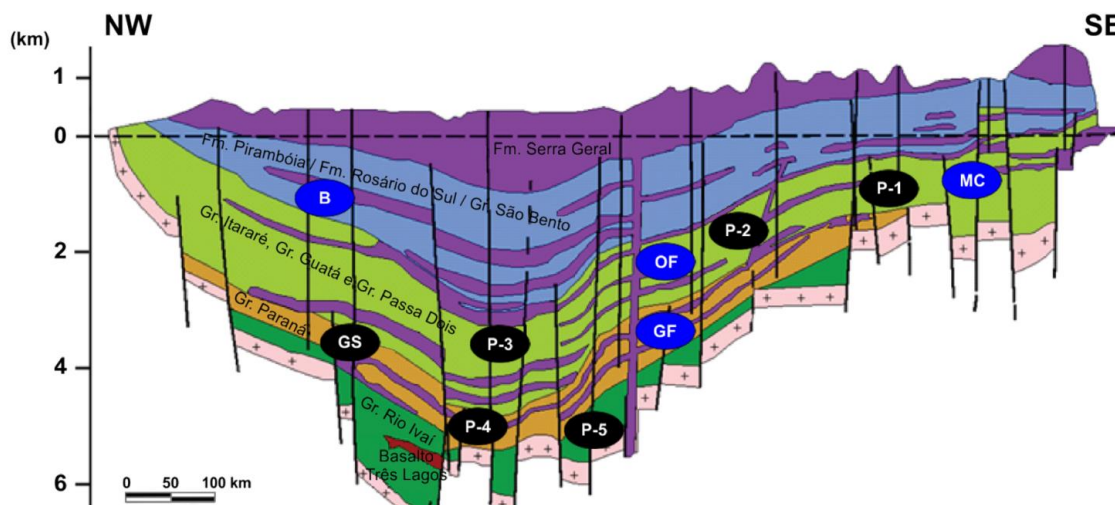


Figura 3: Seção geológica da Bacia do Paraná

Fonte: Adaptado de Milani e Zalán (1998) apud ANP (2013).

2 PRINCIPAIS ATIVIDADES DO SETOR DE E&P NA BACIA DO PARANÁ

A Figura 4 apresenta a localização da cobertura dos levantamentos sísmicos e poços pioneiros. Os blocos exploratórios arrematados na 12ª Rodada de Licitações da ANP⁵, o bloco arrematado na 14ª Rodada de Licitações⁶ e as áreas previstas para oferta de blocos na 15ª Rodada de Licitações⁷, se localizam na parte norte da bacia, fora, portanto da porção gaúcha. No Plano Plurianual de Geologia e Geofísica da ANP 2015-2018, há projetos propostos de aerolevantamento gravimétrico e magnetométrico, além de levantamentos sísmicos 2D e estudo de gás de carvão na Bacia do Paraná, nos estados de São Paulo e Paraná.

A Tabela 2 apresenta, resumidamente, as atividades de E&P na bacia, bem como informações sobre os poços pioneiros. Registra-se apenas uma descoberta de gás associado (GNA), campo de Barra Bonita⁸, até então sem produção comercial⁹.

⁵ Os blocos continuam com seus contratos de concessão suspensos, por decisão judicial.

⁶ A 14ª Rodada de Licitações foi realizada no 3º trimestre de 2017, na qual foram ofertados 11 blocos na Bacia do Paraná, tendo sido arrematado o bloco PAR-T-175 pela Operadora Petróleo Brasileiro S. A. (100%).

⁷ A 15ª Rodada de Licitações tem previsão de realização em maio de 2018, conforme Resolução CNPE nº 10, de 11 de abril de 2017.

⁸ O campo de Barra Bonita foi devolvido pela Petrobras em 2012 e posteriormente adquirido pelo consórcio formado pelas empresas EPG Brasil e Barra Bonita Óleo e Gás Ltda. (Operadora) na 3ª Rodada de Licitação de Acumulações Marginais ocorrida em 2015.

⁹ Segundo o resumo apresentado pela ANP à época da 3ª Rodada de Acumulações Marginais, no campo de Barra Bonita até então não houve produção comercial, porém testes de formação nos poços 1-BB-1-PR e 3-BB-2D-PR apresentaram vazões aproximadas a 210 Mm³/dia por intervalo, sendo dois no primeiro poço e dois no segundo.

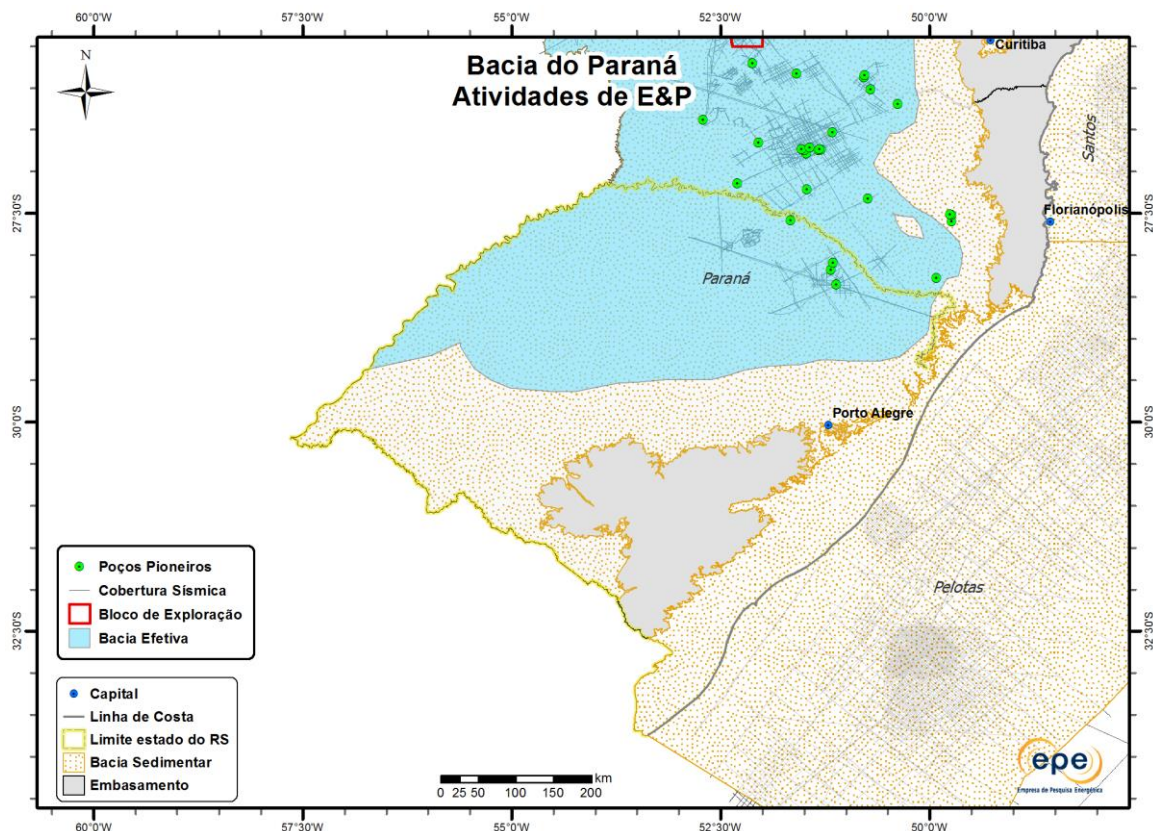


Figura 4: Atividades de E&P na porção gaúcha da Bacia do Paraná

Tabela 2: Resumo de Atividades de E&P da Bacia do Paraná			
Situação Geográfica			terra
Poços Pioneiros	Perfurados		124 ¹⁰
	1º Poço Pioneiro (ano)		1CP0001SP (1953)
	Último Poço Pioneiro (ano)		1ELPS9PR (2003)
	Profundidade Máxima Perfurada (m)		5.909
	Maior Lâmina D'água (m)		0
	Índice de Sucesso Geológico de Poços Pioneiros (%)		5
Campos	Petróleo		0
	Gás Não-Associado		1
	Petróleo e Gás		0
Descobertas	Em Avaliação		0
	1ª Descoberta Comercial (ano)		Barra Bonita (1996)
	Última Descoberta Comercial (ano)		-
Produção	Ano de Início		1999
	Acumulada	Petróleo (MM bbl)	0
		Gás Associado (MM m³)	0
		Gás Não-Associado (MM m³)	0

¹⁰ Dos 124 poços perfurados na bacia, 4 se localizam na parte norte do estado do Rio Grande do Sul.

3 INFRAESTRUTURA DE ABASTECIMENTO DA BACIA DO PARANÁ

A Bacia do Paraná possui instalações diversificadas em termos de infraestrutura, porém estas estão concentradas ao longo da sua margem leste, como podemos observar nas Figura 5 e Figura 6.

Próximo à margem leste, mais ao centro da bacia, no estado do Paraná, encontra-se a Refinaria Presidente Getúlio Vargas (REPAR), capaz de processar 33 mil m³/dia de petróleo. Também nessa região central, existe a Unidade de Industrialização do Xisto (SIX), destinada ao processamento do óleo de folhelho (*oil shale*), conhecido como "xisto betuminoso", da Formação Irati, com capacidade de processamento diário de 5,8 mil toneladas de xisto, produzindo óleos combustíveis, GLP, gás combustível, nafta e enxofre. Na porção sul da bacia, no estado do Rio Grande do Sul, encontra-se a Refinaria Alberto Pasqualini (REFAP), com capacidade instalada de processamento de 32 mil m³/dia de petróleo. Próximo à REFAP encontra-se a COPESUL, central petroquímica localizada em Triunfo/RS, que fornece derivados petroquímicos para diversas empresas da região. Diversos terminais estão distribuídos ao longo da margem leste da bacia, dando suporte de armazenamento e distribuição de matérias-primas e produtos dessas unidades de processo.

Em termos de linhas de transmissão, a Bacia do Paraná possui uma ampla malha instalada, distribuída por toda sua extensão. Em relação ao sistema de transporte de gás natural, o GASBOL corta a porção norte da bacia, seguindo para o sul, margeando-a ao leste. No extremo sul da bacia, existe um projeto para construção do trecho 2 do gasoduto Uruguaiana-Porto Alegre (GASUP), mas ainda sem previsão de execução.

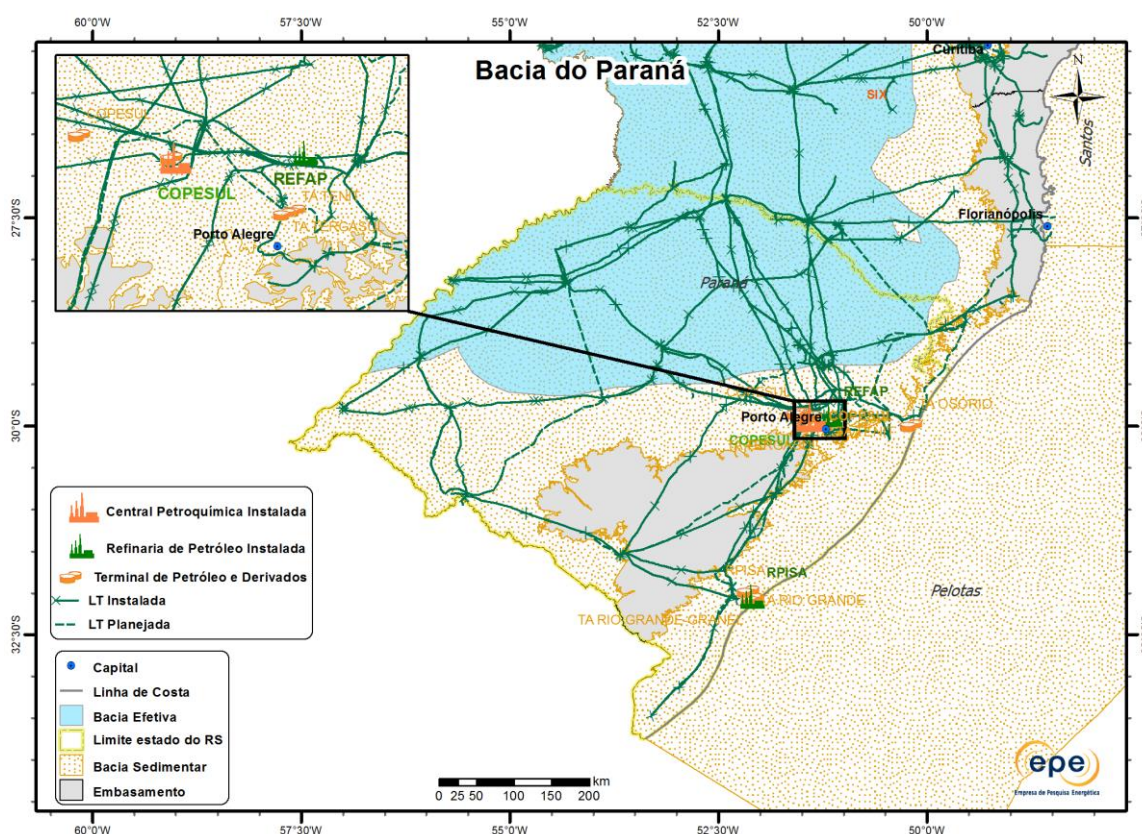


Figura 5: Infraestrutura de abastecimento da Bacia do Paraná: refinarias, terminais e linhas de transmissão

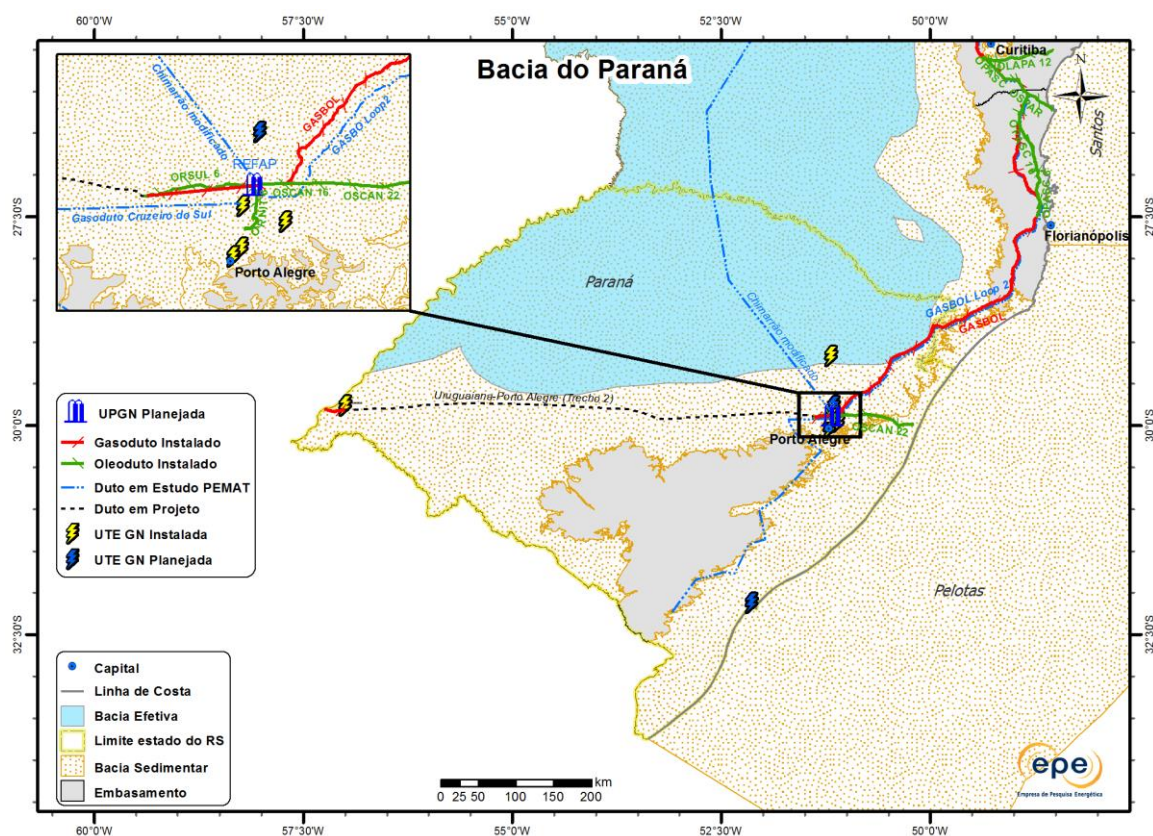


Figura 6: Infraestrutura de abastecimento da Bacia do Paraná – UPGNs¹¹, gasodutos e UTE's¹²

¹¹ UPGN – Unidade de Processamento de Gás Natural.

¹² UTE – Usina Termelétrica.

4 ANÁLISE DA BACIA DO PARANÁ EM PLAYS EXPLORATÓRIOS

A Figura 7 apresenta o mapa da bacia efetiva do Paraná, segundo a abordagem de representação probabilística¹³, com indicação das chances de descobertas de hidrocarbonetos. Percebe-se que a porção gaúcha apresenta menor chance de descoberta em relação ao restante da bacia. A Tabela 3 apresenta a correspondência dos *plays* com os *superplays*.

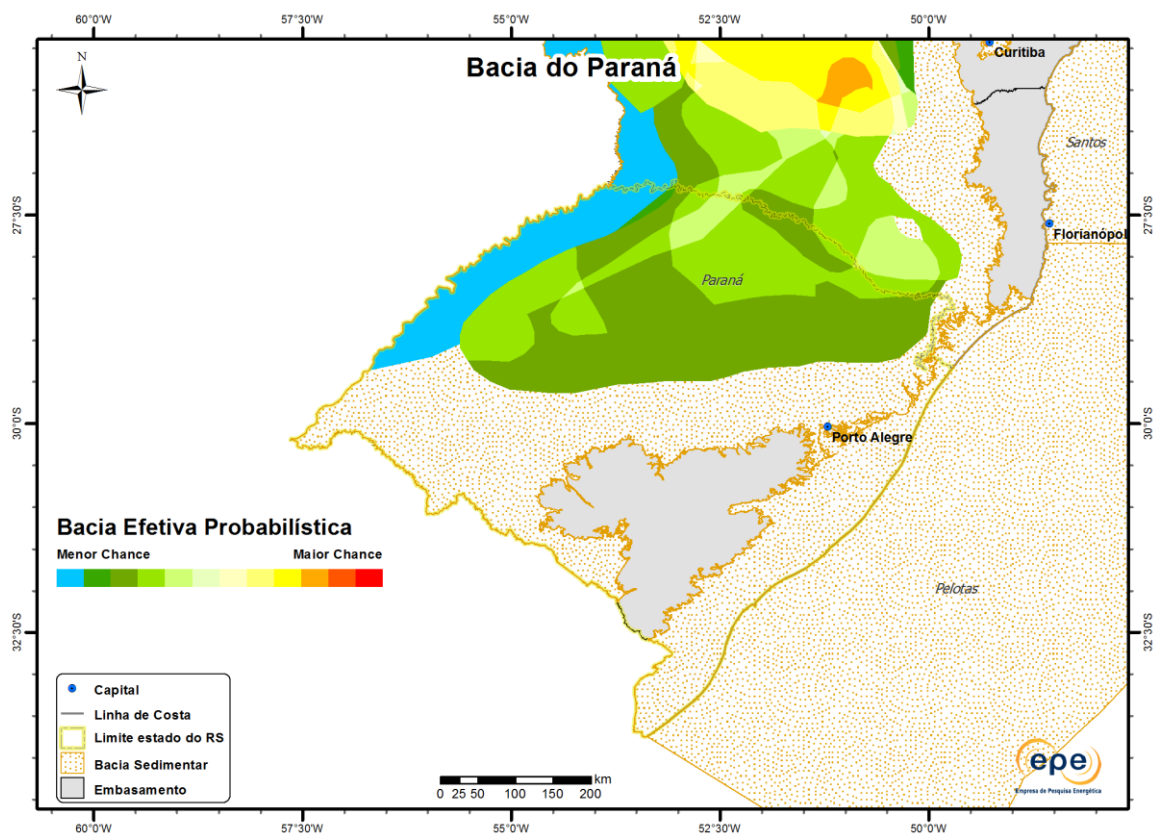


Figura 7: Mapa da bacia efetiva do Paraná com indicação das chances de descobertas de hidrocarbonetos

Tabela 3: *Plays* da porção gaúcha da Bacia do Paraná

Nome do <i>Play</i>	Status Exploratório	<i>Superplay</i>
Rio Bonito Óleo	Fronteira	<i>Superplay</i> 4 - Paleozoico - Sinéclise
Alto Garças	Fronteira	<i>Superplay</i> 4 - Paleozoico - Sinéclise

¹³ Na representação probabilística, para evidenciar a diversidade de expectativas quanto à existência de acumulações, a bacia efetiva é segmentada conforme a superposição dos *plays* e *subplays* que a compõem, sendo que para cada segmento é atribuída uma chance em nível de bacia. Admitindo-se independência geológica entre os *plays*, regionalmente na bacia há chance de existência de condições favoráveis para acumulações.

4.1 Play Rio Bonito Óleo – arenitos marinhos costeiros Permiano com propensão para óleo

A Figura 8 apresenta o mapa do *play* efetivo Rio Bonito Óleo, com as chances de descoberta de hidrocarboneto. Os atributos referentes a este *play* estão sumarizados na Tabela 4. A Figura 9 apresenta o mapa de expectativa de fluido para este mesmo *play*. A maior expectativa de fluido é para de petróleo, caso ocorra descoberta de hidrocarboneto. Sendo petróleo, espera-se a ocorrência de petróleo pesado.

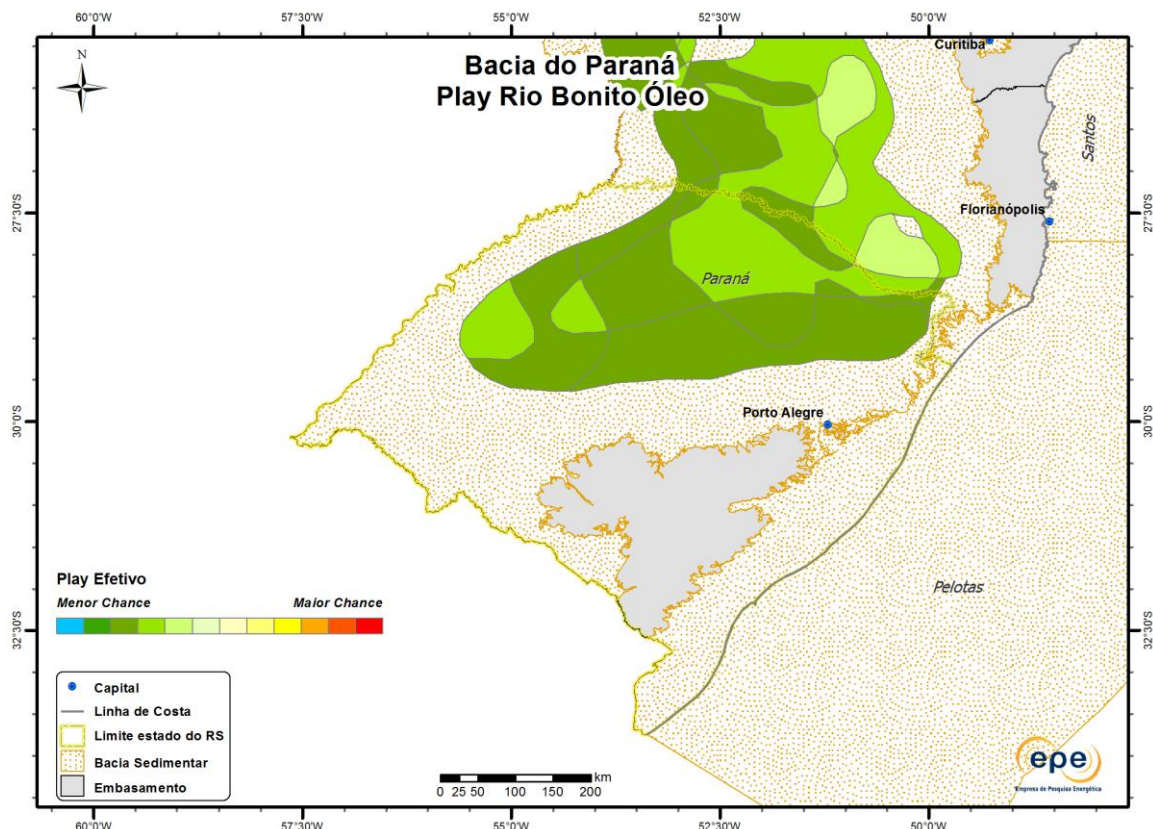


Figura 8: *Play* efetivo Rio Bonito Óleo na porção gaúcha da Bacia do Paraná

Tabela 4: Atributos do *play* Rio Bonito Óleo - Bacia do Paraná

Play		Rio Bonito Óleo
Situação Geográfica		terra
Carga	Unidade Litoestratigráfica	Formação Irati
	Unidade Cronoestratigráfica	Paleozoico Permiano Cisuraliano
	Migração	falhas normais
Reservatório	Unidade Litoestratigráfica	Formação Rio Bonito
	Unidade Cronoestratigráfica	Permiano (Cisuraliano)
	Profundidade Média (m)	2.575
	Litologia / Contexto Depositional	arenito / marinho costeiro
Trapa	Unidade Litoestratigráfica Selante	Formações Rio Bonito, Palermo e Grupo Passa Dois e Formação Serra Geral
	Unidade Cronoestratigráfica Selante	Permiano-Cretáceo
	Tipo de Trapa	mista
	Litologia Selante	folhelho e intrusiva

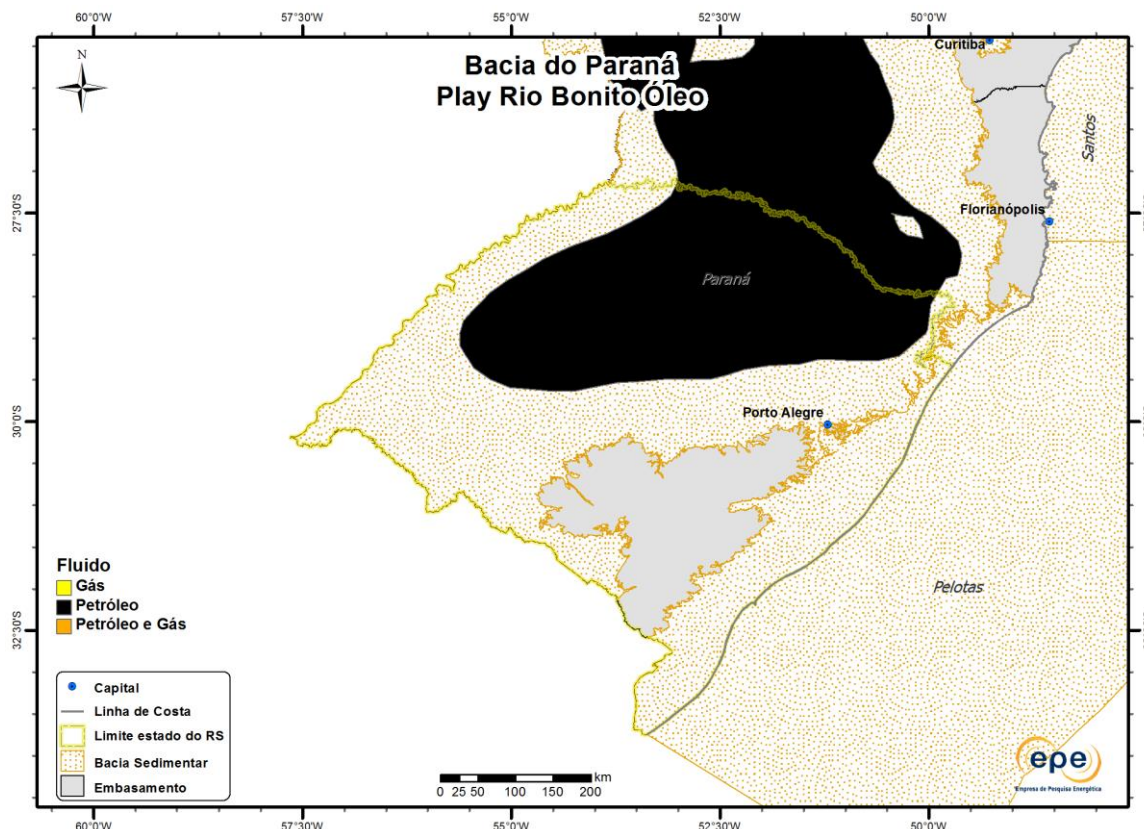


Figura 9: Expectativa de fluido do *play* efetivo Rio Bonito Óleo da Bacia do Paraná

4.2 *Play* Alto Garças – arenitos costeiros NeoOrdoviciano

No ciclo do ZNMT 2017, a potencialidade do *play* Alto Garças foi reduzida, devido à incerteza geológica no fator carga (CRG): não foram encontradas informações que demonstrem a geração dos folhelhos e siltitos da Formação Vila Maria, assim como não foi possível definir áreas mais favoráveis à migração, que seria inversa, já que a geradora se localiza estratigraficamente acima do reservatório. O fator reservatório (RES) também é especulativo, devido a sua pequena profundidade.

A Figura 10 apresenta o mapa do *play* efetivo Alto Garças, com as chances de descoberta de hidrocarboneto. Os atributos referentes a este *play* são mostradas na Tabela 5. A Figura 11 apresenta o mapa de expectativa de fluido para o *play* Alto Garças. A maior expectativa de fluido é de gás natural caso ocorra descoberta de hidrocarboneto. Sendo petróleo, espera-se a ocorrência de petróleo leve.

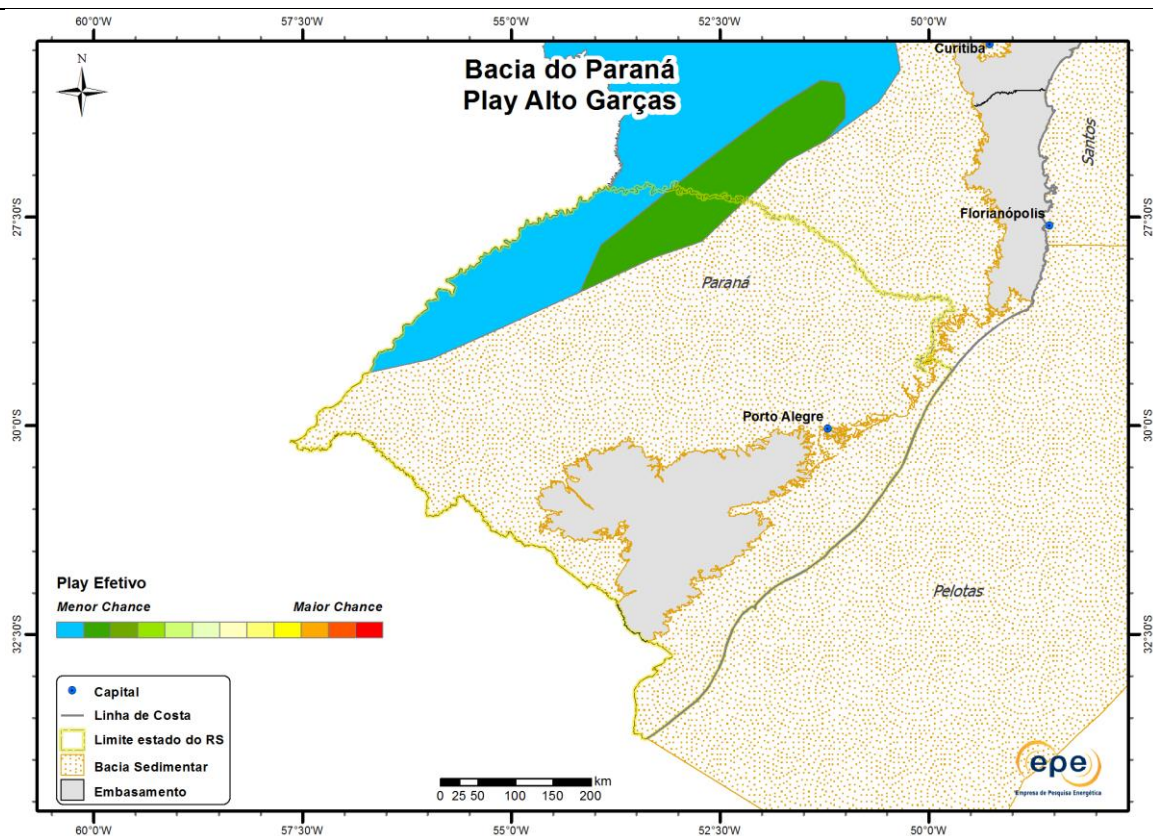


Figura 10: Play efetivo Alto Garças na porção gaúcha da Bacia do Paraná

Tabela 5: Atributos do <i>play</i> Alto Garças - Bacia do Paraná		
Play		Alto Garças
Situação Geográfica		terra
Carga	Unidade Litoestratigráfica	Formação Vila Maria
	Unidade Cronoestratigráfica	Siluriano Inferior
	Migração	falhas normais
Reservatório	Unidade Litoestratigráfica	Formação Alto Garças
	Unidade Cronoestratigráfica	Ordoviciano Superior
	Profundidade Média (m)	160
	Litologia / Contexto Depositional	arenito / costeiro
Trapa	Unidade Litoestratigráfica Selante	Grupo Paraná e Formação Vila Maria
	Unidade Cronoestratigráfica Selante	Siluriano-Devoniano
	Tipo de Trapa	estratigráfica e estrutural
	Litologia Selante	folhelho

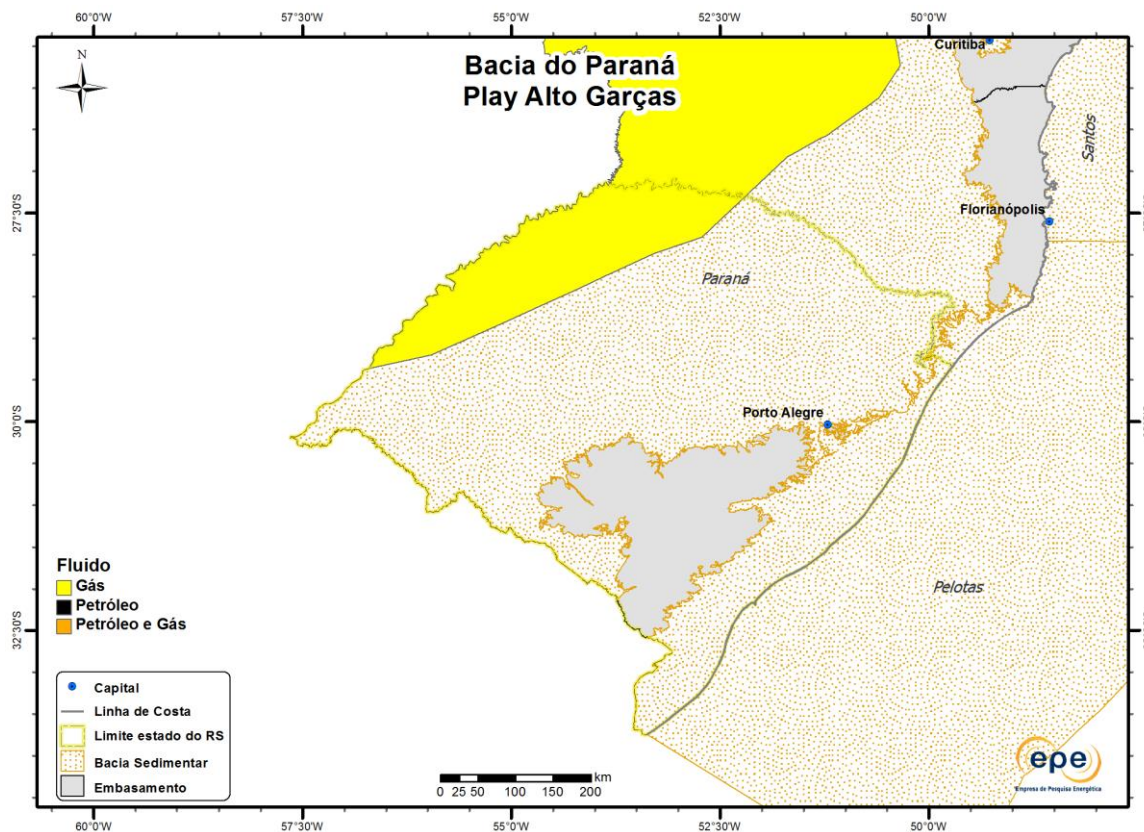


Figura 11: Expectativa de fluido do *play* efetivo Alto Garças na porção gaúcha da Bacia do Paraná.

5 RECURSOS NÃO CONVENCIONAIS NA BACIA DO PARANÁ

Na Bacia do Paraná são reconhecidos dois tipos de recursos não convencionais em produção: betume e óleo de folhelho¹⁴. Além destes recursos em produção, são indicadas áreas que podem vir a ter algum potencial de gás de folhelho e metano de carvão.

Na porção gaúcha da bacia há a ocorrência de recursos de óleo de folhelho e, no limite com o estado de Santa Catarina, há recursos de gás de folhelho, conforme mostra a Figura 12.

¹⁴ A produção de derivados do óleo de folhelho no Brasil tem sido desenvolvida pela Petrobras em sua Unidade de Industrialização do Xisto (SIX). A empresa dispõe de uma área de 64,5 km² de concessão no município de São Mateus do Sul, no Estado do Paraná. Esta região abriga desde 1972, a Usina Protótipo do Irati, cujo funcionamento permitiu comprovar a viabilidade técnica do processo e início da produção propriamente dita em 1982.

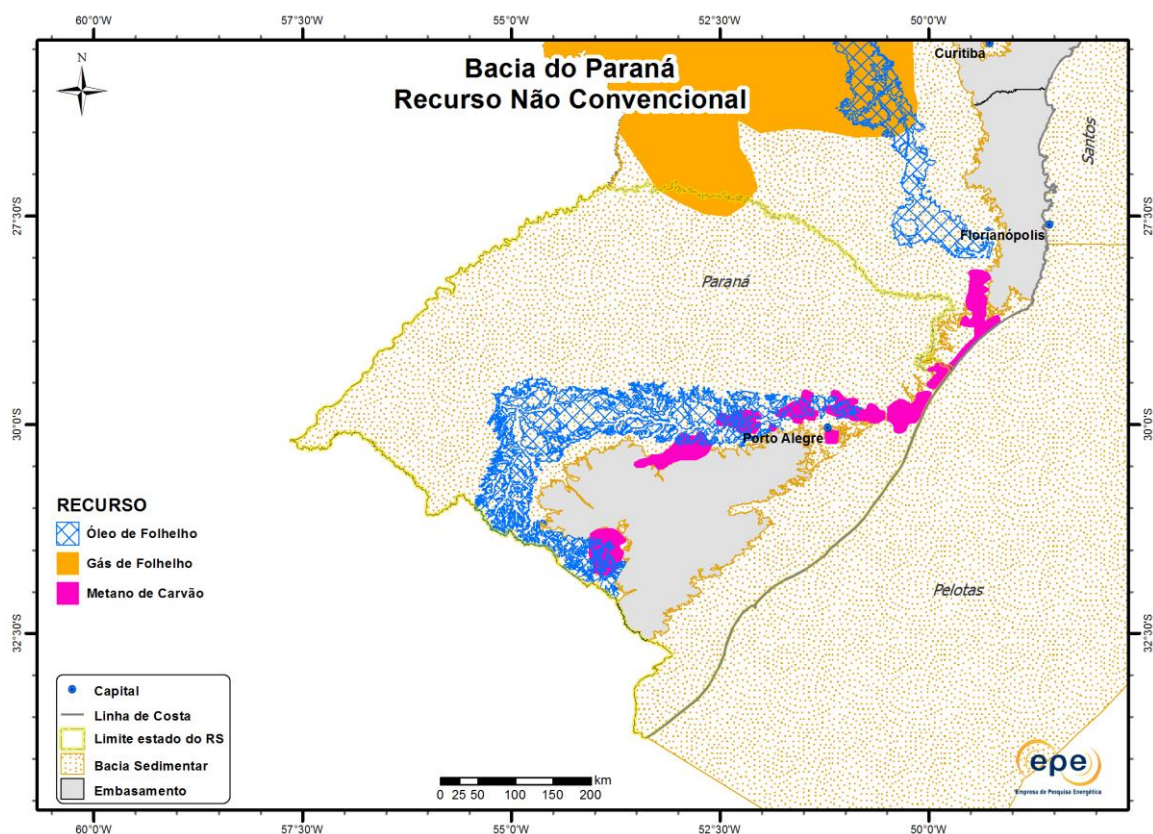


Figura 12: Plays de recursos não convencionais na porção gaúcha da Bacia do Paraná

A ocorrência de óleo de folhelho (*oil shale*) na Bacia do Paraná se dá nos folhelhos pirobetuminosos da Formação Irati, na borda leste e sul da bacia (Figura 12). A Tabela 6 apresenta características do *play* de óleo de folhelho da Bacia do Paraná.

Tabela 6: *Play* de óleo de folhelho na Bacia do Paraná

Bacia		Paraná
Situação Geográfica		terra
Depósito	Unidade Litoestratigráfica	Formação Irati
	Unidade Cronoestratigráfica	Permiano (Cisuraliano)
	Litologia	folhelho pirobetuminoso
	COT (%) ¹⁵	1-5
	Profundidade Média (m)	50
	Espessura Máxima (m)	50
	Área (km ²)	68.000
Tecnologia para Produção		fraturamento hidráulico

A ocorrência de gás de folhelho se dá nos folhelhos devonianos da Formação Ponta Grossa, na área centro-norte da bacia. A Tabela 7 apresenta características do *play* de gás de folhelho da Bacia do Paraná.

¹⁵ COT (%): Porcentagem de carbono orgânico total.

Em 2013, o EIA revisou para baixo suas estimativas volumétricas de gás de folhelho para a Bacia do Paraná. Como citado no ZNMT 2011, eram esperados em 2011 recursos totais de 25,7 trilhões de m³ (906 trilhões de pés cúbicos), sendo 6,4 trilhões de m³ (226 trilhões de pés cúbicos) de recursos tecnicamente recuperáveis (EIA, 2011). Em 2013, a estimativa foi de cerca de 12,74 trilhões de m³ (450 trilhões de pés cúbicos), sendo cerca de 2,26 trilhões de m³ (80 trilhões de pés cúbicos) recuperáveis (EIA, 2013).

Tabela 7: Play de gás de folhelho na Bacia do Paraná

Bacia		Paraná
Situação Geográfica		terra
Depósito	Unidade Litoestratigráfica	Formação Ponta Grossa
	Unidade Cronoestratigráfica	Devoniano
	Litologia	folhelho
	COT (%)	1-4
	Profundidade Média (m)	? ¹⁶
	Espessura Máxima (m)	600
Área (km ²)		640.000
Tecnologia para Produção		fraturamento hidráulico

O metano de carvão ou *coalbed methane* (CBM) é o termo usado para se referir ao gás de metano armazenado nas camadas de carvão. Para avaliar seu potencial é necessário focar os estudos no gás e, principalmente, no rank e composição do carvão em diferentes níveis de profundidade de reservatórios.

A principal e mais importante região sedimentar em que ocorre carvão mineral no Brasil é a Bacia do Paraná, principalmente nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, pertencendo à Formação Rio Bonito, cuja gênese deu-se durante o EoPermiano (KALKREUTH et al., 2008). Das jazidas conhecidas de carvão mineral no Brasil, as que apresentam maiores potenciais para CBM – baseados em estudos de distribuição, grau de maturidade e profundidade das camadas de carvão – são as áreas carboníferas de Santa Terezinha e Chico Lomã, localizadas na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul (HOLZ and KALKREUTH, 2000).

Lourenzi (2014) avaliou a capacidade de geração e armazenagem de gás metano a partir de três sondagens em camadas de carvão da Formação Rio Bonito, na Jazida Sul Catarinense. Os resultados indicaram que as camadas Barro Branco, Irapuá e Bonito pertencentes ao Membro Siderópolis da Formação Rio Bonito, possuem condições necessárias para geração e armazenamento de gás.

A Figura 13 apresenta a localização dos principais depósitos de carvão mineral na Bacia do Paraná, destacando-se as duas jazidas com maiores potenciais para metano (Santa Terezinha e Chico Lomã).

¹⁶ Não foram encontradas informações na bibliografia que indicasse a profundidade média deste play. A interrogação indica que a profundidade do reservatório não é conhecida.

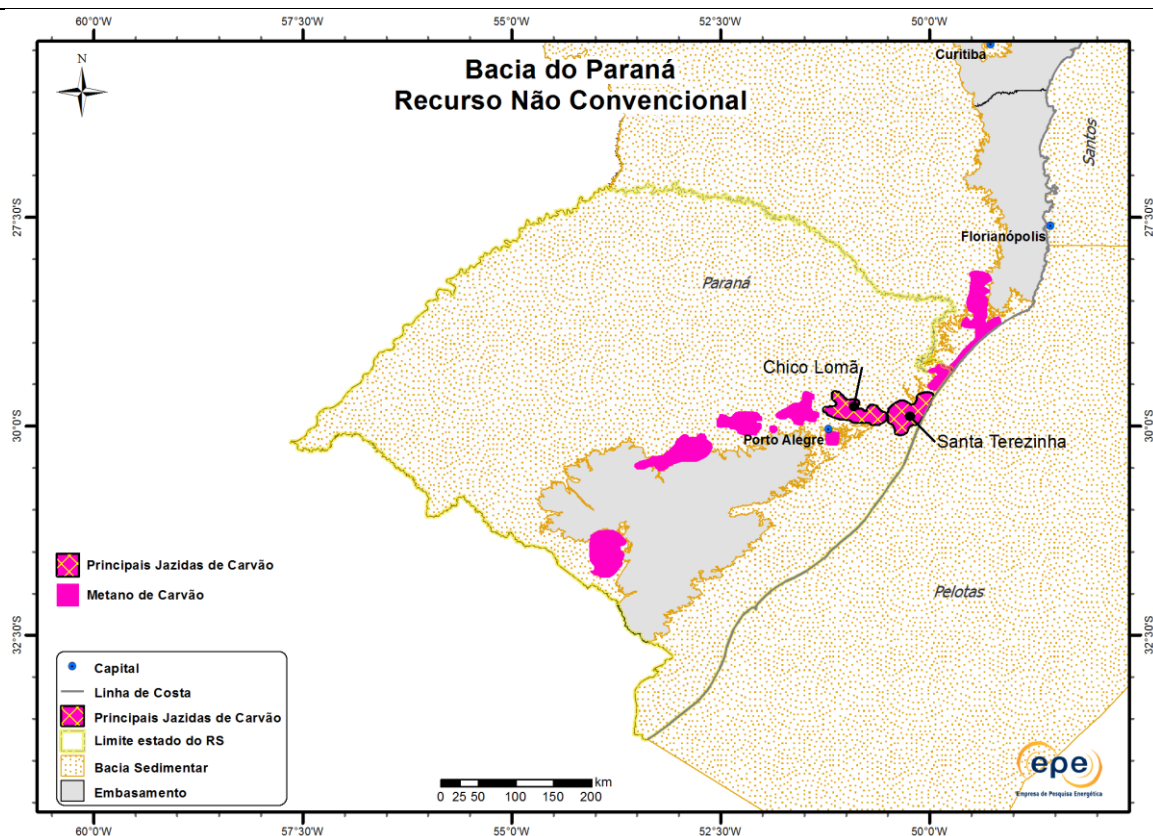


Figura 13: Play de metano de carvão e as principais jazidas de carvão na porção gaúcha da Bacia do Paraná

6 PERSPECTIVA ECONÔMICA DA PORÇÃO GAÚCHA DA BACIA DO PARANÁ

Este item apresenta os resultados da aplicação da metodologia do ZNMT na perspectiva econômica. São apresentados mapas das bacias sedimentares efetivas brasileiras, segmentadas conforme avaliações de expectativa de fluidos predominantes e com ênfase nos argumentos de Importância Petrolífera de Área (IPA), parciais e combinados (IPA Total).

6.1 Expectativa de Fluidos Predominantes

A Figura 14 apresenta os resultados da combinação das expectativas de fluido em nível de plays, para a bacia efetiva do Paraná. Este mapa expressa a propensão para a existência de acumulações de petróleo e/ou gás não associado em nível de bacia sedimentar.

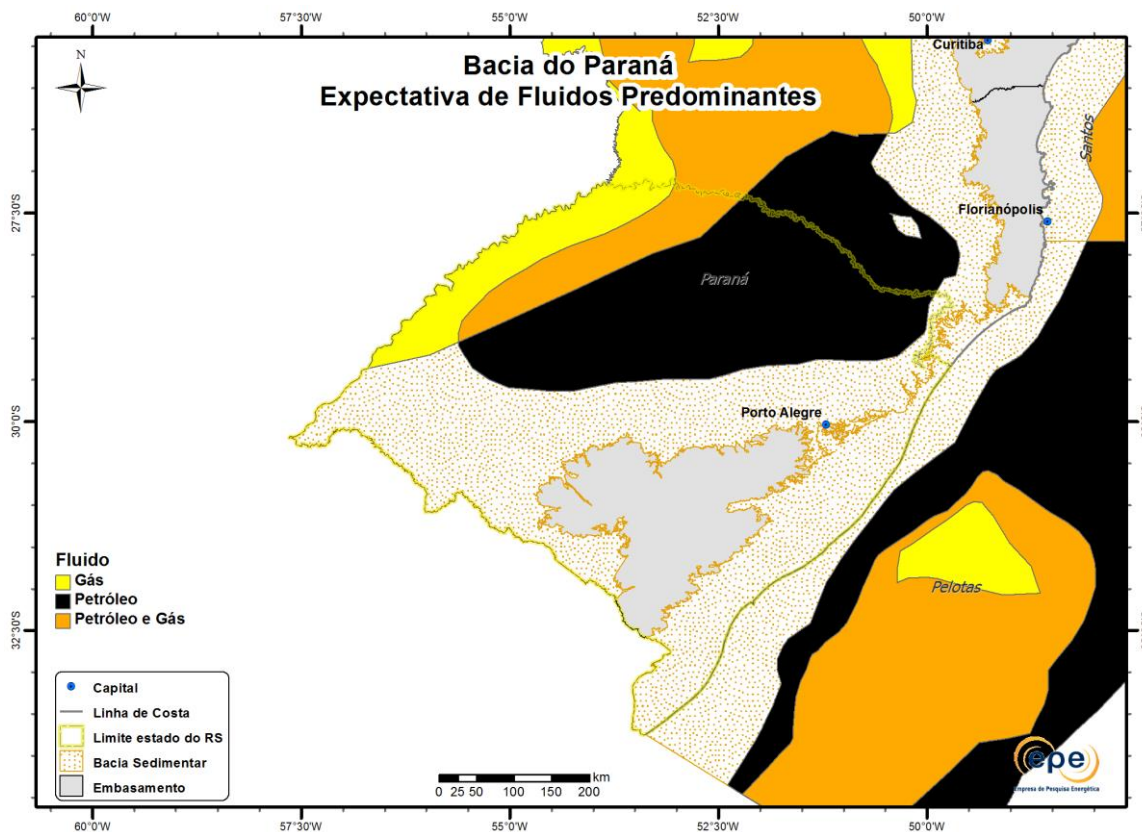


Figura 14: Expectativa de fluidos predominantes

6.2 Importância Petrolífera das Áreas

Neste item apresentam-se os mapas de Importância Petrolífera de Área (IPA) resultantes da aplicação de metodologia utilizada no estudo do ZNTM. Representa-se em mapas, seis argumentos que expressam interesses do setor de petróleo e gás natural, principalmente para a atividade de E&P, a saber:

- 1) Intensidade Exploratória;
- 2) Atividade Exploratória;
- 3) Prospectividade;
- 4) Evidência Direta de Hidrocarbonetos;
- 5) Necessidade de Conhecimento; e,
- 6) Infraestrutura de Abastecimento.

A combinação desses seis mapas resulta no mapa de Importância Petrolífera de Área Total (IPA Total), ou seja, o mapa síntese do estudo do Zoneamento Nacional de Recursos de Óleo e Gás.

6.2.1 Intensidade Explotatória

A Figura 15 apresenta o mapa do argumento Intensidade Explotatória, que expressa a importância de áreas sedimentares em relação à sua proximidade com áreas de recursos descobertos de petróleo ou gás natural, considerando os volumes destes recursos. Quanto menor a distância de todo e qualquer ponto de uma bacia sedimentar a uma área (em avaliação ou campo) com recurso descoberto, maior sua importância.

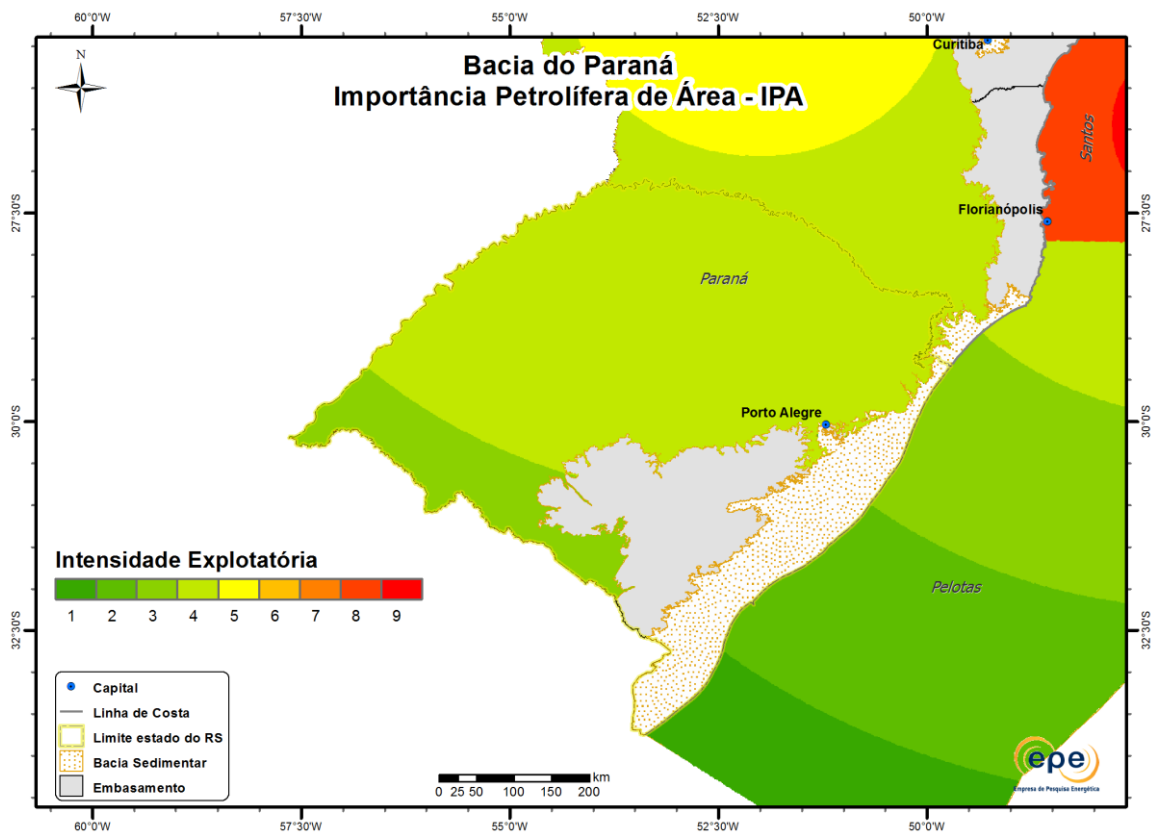


Figura 15: Mapa de Intensidade Explotatória

6.2.2 Atividade Exploratória

A Figura 16 mostra o mapa do argumento da Atividade Exploratória. Este mapa expressa a atratividade operacional e geológica que se costuma atribuir a áreas próximas a blocos exploratórios sob contratos com a União. Quanto menor a distância de todo e qualquer ponto de uma bacia a um bloco exploratório, maior sua importância.

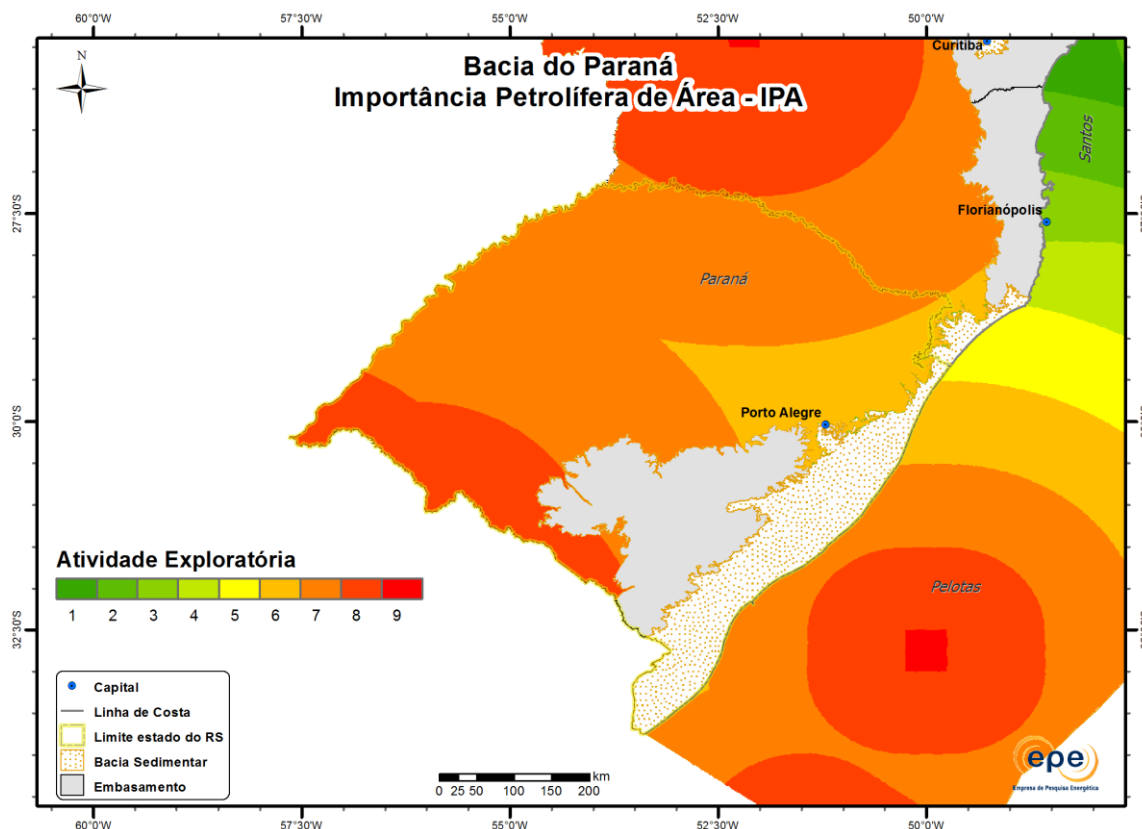


Figura 16: Mapa de Atividade Exploratória

6.2.3 Prospectividade

A Figura 17 mostra o mapa do argumento da Prospectividade, o qual expressa a potencialidade das bacias efetivas para a descoberta de novas acumulações de hidrocarbonetos, através da combinação entre a chance de sucesso exploratório (avaliação de probabilidade condicional de sucesso (PCS) de poços pioneiros) e a potencialidade volumétrica de uma área. Assim, conforme este argumento, quanto maior a prospectividade de uma área, maior a chance de sucesso nas perfurações, menor o risco e, portanto, maior a importância.

De maneira geral, as maiores prospectividades associam-se às bacias produtoras, com vários campos e descobertas já realizadas, onde os riscos geológicos tanto em escala regional como local (em nível de prospectos) são relativamente menores. A Bacia do Paraná como um todo, em relação a prospectividade, apresenta níveis de importância intermediária.

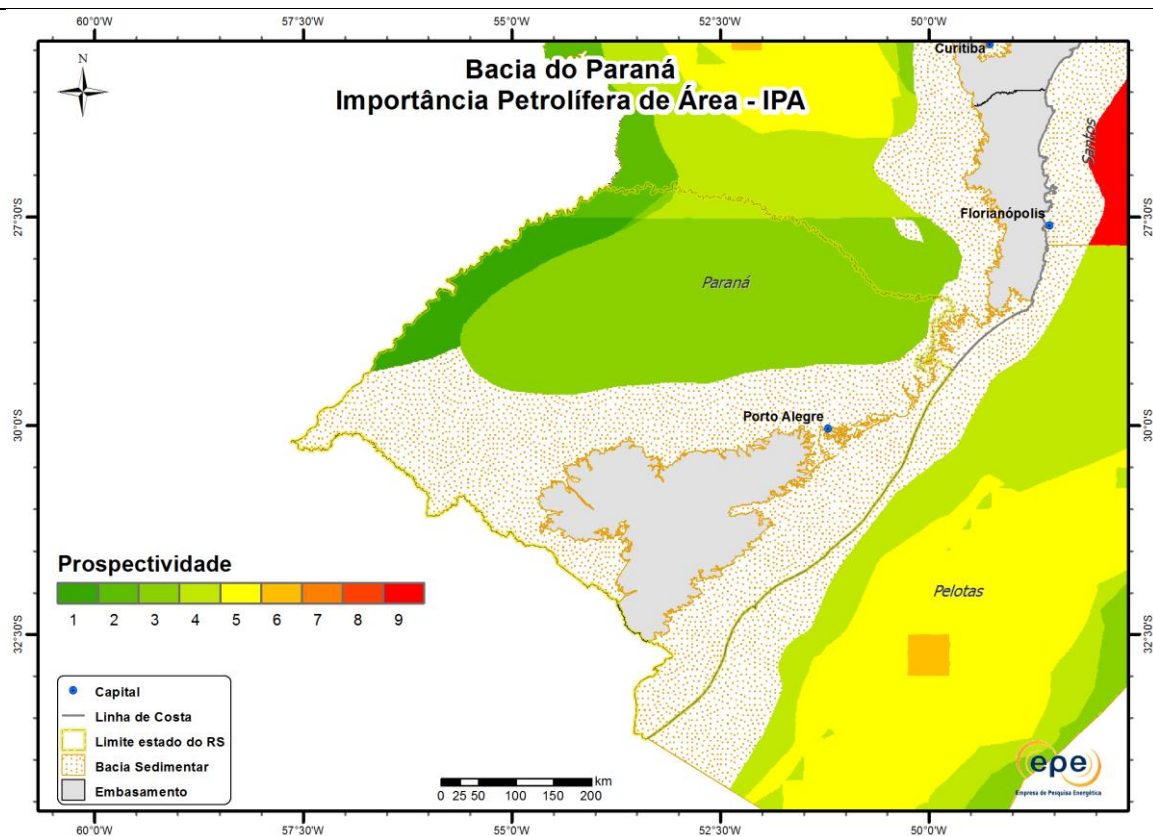


Figura 17: Mapa de Prospectividade

6.2.4 Evidência Direta de Hidrocarbonetos

A Figura 18 mostra o mapa do argumento de Evidência Direta de Hidrocarbonetos, que expressa a maior favorabilidade geológica de áreas mais próximas às localizações de indícios ou confirmações da presença de hidrocarbonetos conterem acumulações. A evidência direta de hidrocarboneto provém de poços perfurados, exsudações (*seeps*), ou de resultados positivos de análise geoquímica de superfície. Quanto mais próxima estiver uma área sedimentar de uma destas evidências, maior a importância dessa área para este argumento.

Com base nas informações utilizadas neste estudo, a maior parte da extensão sedimentar brasileira possui evidências de geração e migração de hidrocarbonetos, o que não implica, necessariamente, na existência de acumulações comerciais. De uma maneira geral, as bacias apresentam maior grau de importância, conforme maior for a evidência de hidrocarbonetos.

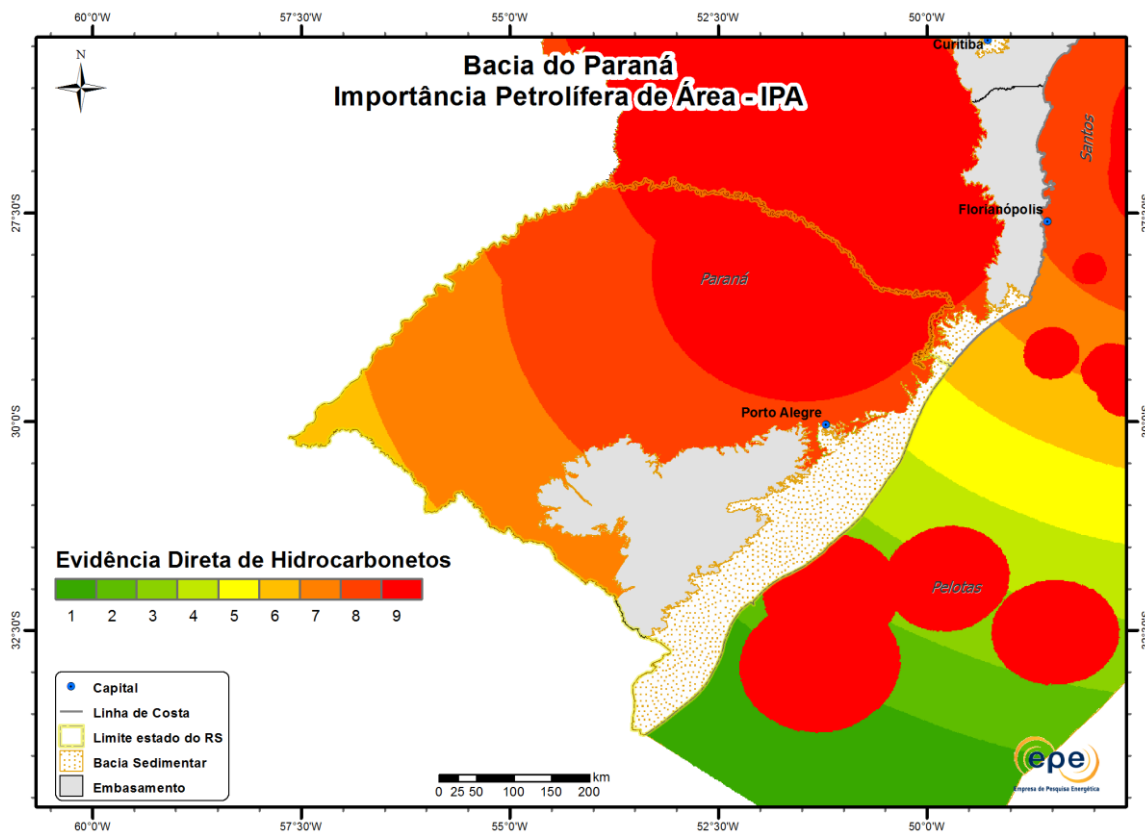


Figura 18: Mapa de Evidência Direta de Hidrocarbonetos

6.2.5 Necessidade de Conhecimento

A Figura 19 mostra o mapa do argumento da Necessidade de Conhecimento. Tal mapa representa tanto a incerteza sobre o comportamento regional de fatores geológicos nas bacias efetivas quanto à disponibilidade de dados geológicos e geofísicos das bacias sedimentares brasileiras.

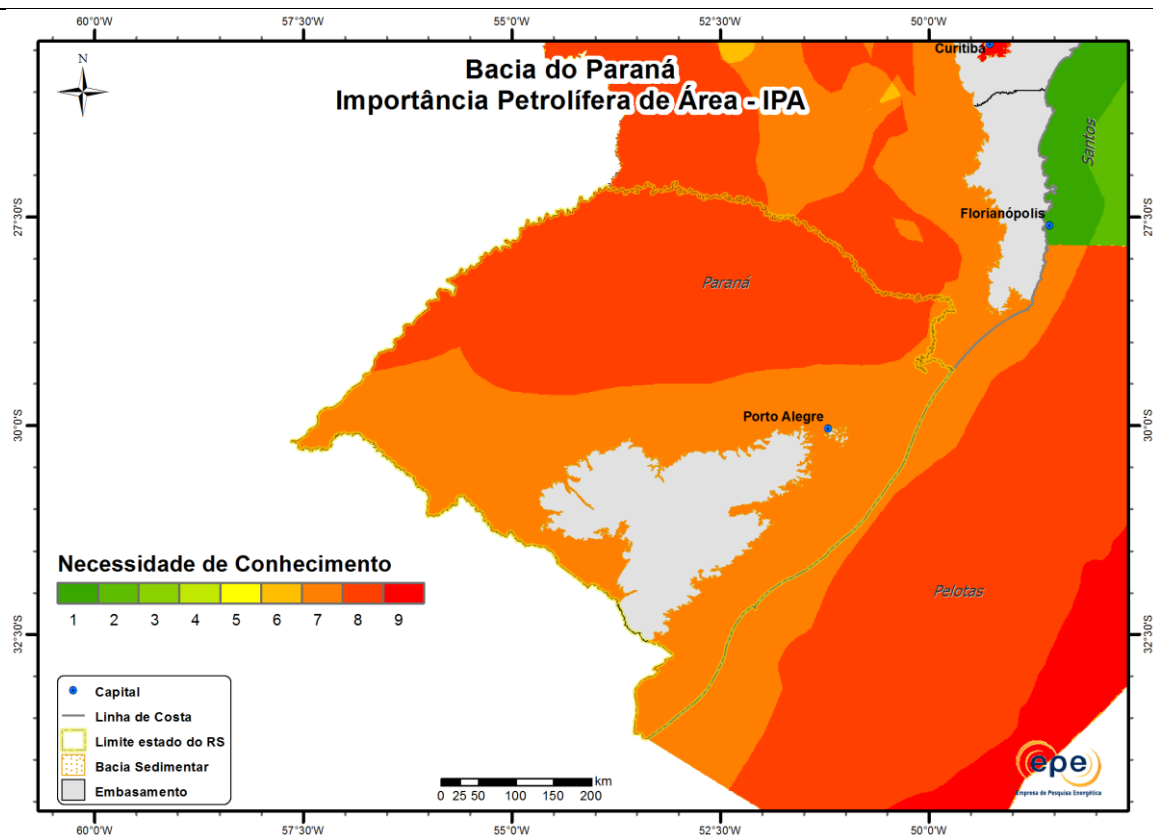


Figura 19: Mapa de Necessidade de Conhecimento

6.2.6 Infraestrutura de Abastecimento

A Figura 20 mostra o mapa do argumento de Infraestrutura de Abastecimento que expressa a importância, operacional e econômica, atribuída, neste estudo, às áreas mais próximas de dutos ou instalações do segmento de *downstream*. Considera inclusive os que estão em fase de planejamento (estudo ou projeto) e em construção. Neste estudo, incorporou-se também a importância da proximidade de linhas de transmissão elétrica, na malha de infraestrutura, em razão da possibilidade de aproveitamento de reservas de gás natural para a geração de energia elétrica.

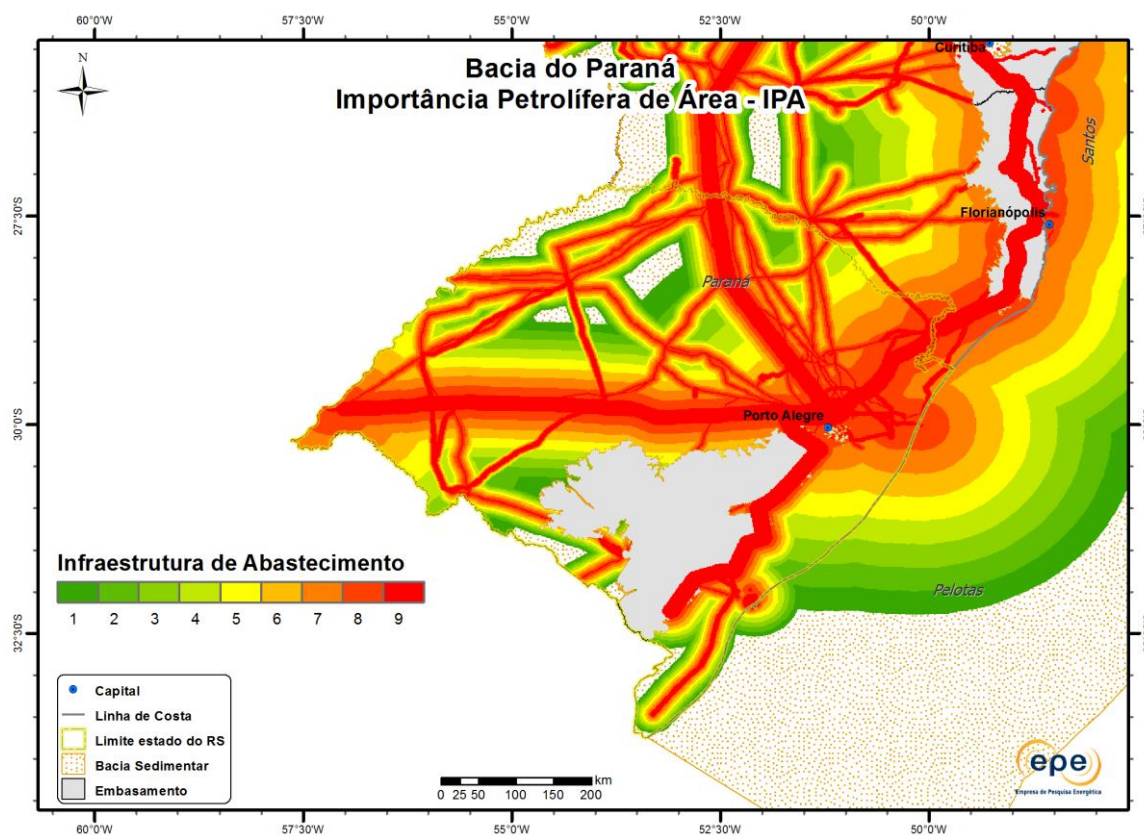


Figura 20: Mapa de Infraestrutura de Abastecimento

6.2.7 Importância Petrolífera de Área Total (IPA Total)

A Figura 21 mostra o mapa de IPA Total, com a síntese da importância de áreas da porção gaúcha da Bacia do Paraná para o setor de petróleo e gás natural. Neste estudo, tal mapa é função dos argumentos abordados nos itens anteriores deste capítulo, e pesos atribuídos a cada um deles: Intensidade Exploratória (35%), Atividade Exploratória (20%), Prospectividade (20%), Evidência Direta de Hidrocarboneto (15%), Necessidade de Conhecimento (5%) e Infraestrutura de Abastecimento (5%).

A temporariedade é uma característica que acompanha este mapa e, assim, em futuros ciclos deste estudo, áreas poderão ter importâncias petrolíferas aumentadas ou diminuídas. A Bacia do Paraná, por exemplo, teve a importância do seu IPA Total aumentada em relação ao ciclo anterior do ZNMT, com o avanço das atividades exploratórias.

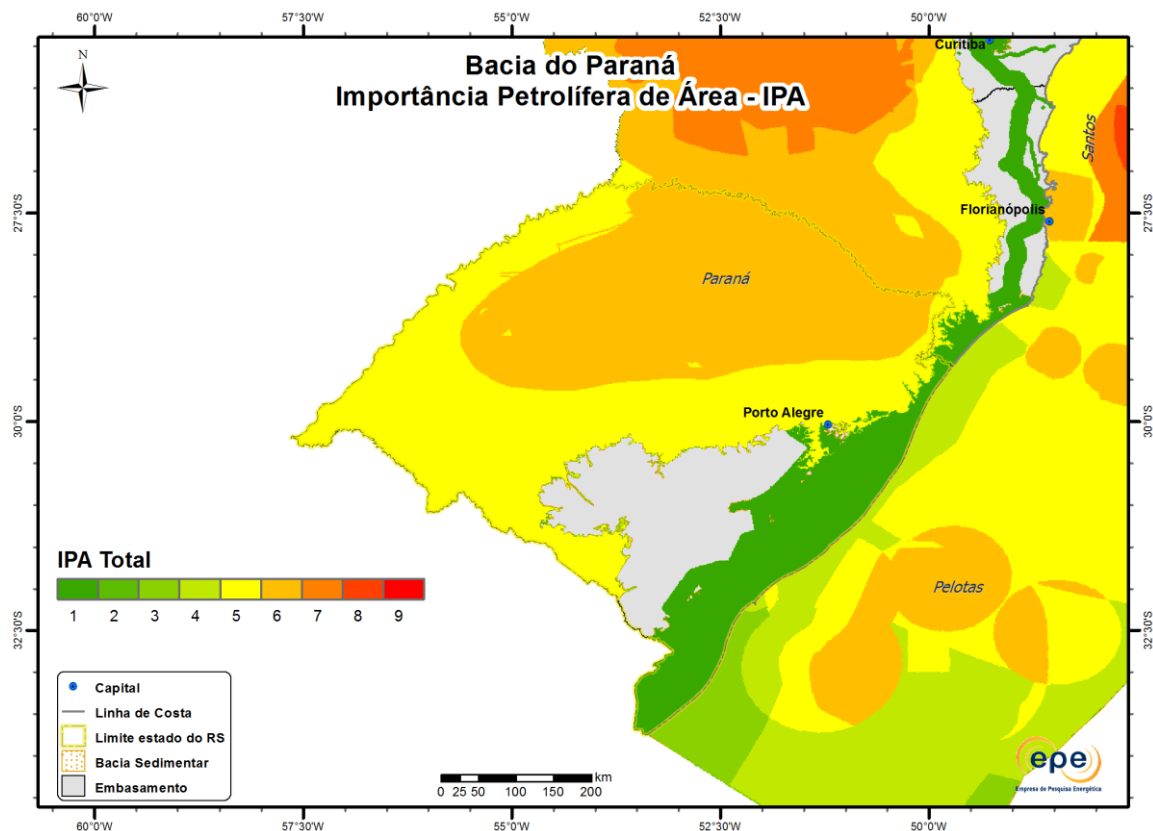


Figura 21: Mapa de IPA Total

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANP. (2013). Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Bacia do Paraná. Geologia e Esforço Exploratório**. Workshop Bacia do Paraná. Disponível em: <www.anp.gov.br>. Acesso em: 2017.

EIA. (2011). **World Shale Gas Resources: An Initial Assessment of 14 Regions Outside the United States**. Disponível em: <<http://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/pdf/fullreport.pdf>>. Acesso em: 29 dez. 2017.

EIA. (2013). **EIA/ARI World Shale Gas and Shale Oil Resource Assessment- Technically Recoverable Shale Gas and Shale Oil Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside the United States**. Advanced Resources International, Inc. USA. Disponível em: <<http://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/pdf/overview.pdf>>. Acesso em: fev. 2017.

EPE. (2017) **Zoneamento Nacional de Recursos de Óleo e Gás. Ciclo 2017**. Ministério de Minas e Energia-MME. Brasília/DF.

KALKREUTH W., HOLZ M., CASAGRANDE J., CRUZ R., OLIVEIRA T., KERN M., LEVANDOWSKI J., ROLIM S. (2008). **O potencial de coalbed methane (CBM) na jazida da Santa Terezinha—modelagem 3D e avaliação do poço de exploração CBM001-ST-RS**. Revista Brasileira de Geociências, 38(2):3-17.

HOLZ, M.; KALKREUTH, W. (2000). **The Early Permian coal-bearing succession of the Parana Basin in southernmost Brazil: depositional model and sequence stratigraphy**. Revista Brasileira de Geociências, [S.1.], v. 30, p. 424-426.

LOURENZI., P. S. (2014). **O potencial de geração CBM (coalbed methane) na Jazida Sul Catarinense da Bacia do Paraná, Brasil: características petrográficas e químicas das camadas Barro Branco, Irapuá e Bonito**. 73 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS.