

ORIGEM DAS TERRAS PRETAS DE BAJE, RS*

JOSÉ SETZER

Consultor Técnico do C.N.G.

I. INTRODUÇÃO

Um dos mais importantes problemas de Geografia Física na descrição de uma paisagem e na explicação das razões que condicionaram as características dessa paisagem, é o aspecto do solo e a justa avaliação da sua natureza.

Esta avaliação deve ser baseada em vários elementos, alguns dos quais são conspícuos, enquanto outros devem ser previamente conhecidos, pois seu esclarecimento exige longos anos de observação ou manejo de instrumentos especializados.

Entre os elementos bastante conspícuos estão a topografia e o tipo de vegetação. Entre os que devem ser conhecidos de antemão, é de se citar em primeiro lugar a geologia, o clima e a história da utilização do solo pelo homem.

Conhecendo em linhas gerais as condições geológicas e climáticas da região, e tendo boas idéias a respeito da história da ocupação humana, temos a chave da solução qualitativa do problema. De fato, as condições geológicas e climáticas nos guiarão para explicar a natureza do relêvo que vemos na paisagem. Os tipos de vegetação resultam destes três fatores e da história do trabalho humano. O grau de maturidade do perfil edáfico, condicionado 1) pelo clima que decompõe a rocha com certa rapidez, 2) pela acidentalidade do terreno (30) que tende a decapitar o solo por meio da erosão, e 3) pelo homem que altera o solo, arando-o, e destrói pelo fogo as plantas alterando assim a natureza das terras que não mais recebem detritos orgânicos, esse grau de maturidade do perfil edáfico, dissemos, constitui a avaliação do último dos seis fatores da gênese do solo. (35)

Considerados estes seis fatores (rocha, clima, topografia, vegetação, tempo e homem), adquirimos sólidas idéias sobre a natureza do solo que rege o aspecto da paisagem.

Qual, porém, deve ser o conjunto de considerações, no Brasil, para que tais idéias possam ser suficientemente sólidas?

Nota - Agradecimento

Por gentileza do Prof. JOÃO ROUGET PÉREZ, diretor do Instituto Agronômico do Sul, do Dr. BALBINO MASCARENHAS, secretário da Agricultura do Rio Grande do Sul, e do Prof. JOSÉ EMÍLIO GONÇALVES DE ARAÚJO, da Escola de Agronomia de Pelotas, tivemos a oportunidade de percorrer quase 4 000 quilômetros pelo Estado do Rio Grande do Sul, tendo visitado, entre março e maio de 1949, as diversas regiões fisiográficas e ecológicas daquele Estado. Graças à cooperação dos Drs. WILHELM MOHR e LABIENO JOBIM, obtivemos os resultados de análises de centenas de amostras de solos do Laboratório de Química Agrícola da Secretaria da Agricultura do Rio Grande do Sul. Ao Dr. J. L. PARANHOS DE ARAÚJO, diretor do Inst.º de Meteorologia de Porto Alegre, devemos a gentileza de fornecimento de alguns dados climatológicos.

Aos técnicos citados aqui expressamos os nossos mais sinceros agradecimentos pela cooperação.

* Trabalho escrito em outubro de 1949 e revisto em dezembro de 1950.

Em primeiro lugar, temos essencialmente dois tipos de clima no Brasil: semi-árido no Nordeste e úmido no resto do País. Neste último caso temos solos lixiviados, acidificados, empobrecidos em sais, mas enriquecidos em matéria orgânica. Naquele outro caso temos, ao contrário, solos quimicamente ricos e alcalinizados graças à ascensão de sais para a superfície em virtude da evaporação sobrepujar largamente a precipitação atmosférica, de modo que o fluxo médio das águas no solo se dá de baixo para cima; a deficiência de chuvas impede boa cobertura vegetal, e temos solos organicamente pobres.

Na parte úmida do Brasil, não consideradas as baixadas, os solos virgens são escuros de matéria orgânica, mas perdem rapidamente esta cor escura depois de atingidos pelo trabalho humano, seja pela erosão, seja pela devastação da cobertura vegetal. Assim se desenvolveram solos claros que passaram a refletir nitidamente as condições geológicas, ou melhor, litológicas, do subsolo (28). Em resultado, temos na paisagem mudança do tipo de solo tão prontamente muda a natureza da sua rocha-mãe.

Acontece, entretanto, que no extremo sul do País temos duas regiões que contrariam este aspecto geral da questão sem que o clima deixe de ser úmido. Veremos no presente trabalho que tal clima úmido é realmente um clima particular no Brasil, pois apresenta estiagem no verão, ou quase a apresenta, conforme o sistema de classificação climática que adotemos.

Tem assim o presente trabalho a finalidade de estudar esse clima e esses solos particulares, tratar da gênese destes, e assim apresentar pequeno subsídio para o estudo do problema de Geografia Física da avaliação das razões naturais que costumam condicionar as paisagens.

Do estudo da gênese destes solos que não refletem servilmente as condições litológicas, resultou contribuição para o conhecimento das variações climáticas do Rio Grande do Sul nos últimos milênios.

II. A LOCALIZAÇÃO DAS TERRAS PRETAS

No mapa n.º 1 delimitamos as duas regiões, em que as terras, fora das baixadas, são pretas ou cinzento-escuras, com ou sem tonalidade marrom. Os solos argilosos são quase sempre mais escuros que os arenosos.

Esta delimitação, apesar de feita por linhas bastante sinuosas, não se baseia em observação detalhada de toda a área, e sim no mapa geológico aqui anexo, pois vimos os solos ali produzidos pelas várias formações geológicas e adquirimos idéias justificáveis quanto às possibilidades das diversas rochas de formarem solos pretos ou muito escuros, nas condições de clima, topografia, latitude, altitude e outras, que são o objetivo do presente trabalho. Trata-se, pois, de primeira delimitação provisória inferida em função dos fatores da gênese de solos.

Na região em aprêço, essas cores escuras dos solos dependem menos da natureza litológica do terreno, do que nos demais climas úmidos do Brasil. Assim, abaixo de certos valores de latitude, ou acima de outros de acidentalidade do relevo (30), o fator geológico passa a prevalecer sobre o climático, e então o terreno fica excluído da área delimitada no nosso mapa n.º 1.

A região de Bajé assim delimitada possui cêrca de 17 300 km². A que fica entre Alegrete e Uruguaiana, cêrca de 9 200 km². As latitudes medeiam entre 29 e 31°S; as altitudes entre 60 e 400 m (Mapa n.º 2).

Nesta outra área os solos pretos ou cinzento-escuros com tonalidade marrom são tão rasos que não apresentam perfil bem desenvolvido, não sendo, pois solos zonais (36). Além disto, os numerosíssimos afloramentos de arenito eólico fortemente silicificado estão mal cobertos por camada tão delgada de poeiras pretas recentes, que a uniformidade do aspecto de região de terras pretas fica até certo ponto prejudicada.

III. GEOLOGIA E PERFIS DE SOLO

As duas regiões são geològicamente muito diferentes. Como mostra o mapa n.º 1, a região de Uruguaiana é constituída por um platô basáltico, enquanto a de Bajé possui outras rochas, e muito variadas.

A. A região de Uruguaiana

Ao contrário do Estado de São Paulo, onde abundam lençóis intrusivos de diabásio, no Rio Grande do Sul a mesma formação geológica, que é a série São Bento, triássica, produziu, em larga predominância, lençóis efusivos de basaltitos, basaltos e meláfiros.

Outra distinção é o fato que no Estado de São Paulo a série São Bento é constituída por derrames e lençóis intrusivos de magmas básicos intercalados por espêssas camadas de arenito eólico Botucatu, ao passo que no Rio Grande do Sul, ao menos a metade ocidental da série São Bento é composta de sucessivos derrames de lavas básicas contendo, porém, localmente, pequenas e numerosas lentes horizontais de arenito eólico quase totalmente silicificado, isto é, com sílica cristalizada (quartzo) e "amorfa" (calcedônia, sílex) preenchendo os interstícios entre os grânulos rolados do arenito eólico (15, p. 10, Botucatu).

Existe, pois, notável distinção entre os solos produzidos por rochas intrusivas e efusivas do mesmo magma basáltico. As intrusivas (diabásios) são profundamente decompostas e formam solos profundos. As efusivas (basalto, basaltito, meláfiro) formam solos rasos. Mas, quanto mais úmido é o clima, tanto mais empobrecidos se acham os solos; e os mais profundos são mais atingidos pela lixiviação que os menos profundos.

O mesmo magma produz solos tão diferentes, conforme o caráter intrusivo ou efusivo das rochas, provàvelmente por motivo de diferença essencial na cristalização dos elementos minerais. As efusivas possuem alta porcentagem de vidro vulcânico (19) que é dificilmente atacado pelo intemperismo, ao passo que as intrusivas se apresentam bem cristalizadas, e as juntas entre os cristais constituem vias de penetração da umidade ao mesmo tempo que a temperatura tende a expandir ou contrair diferentemente os dois cristais vizinhos, fraturando e tendendo a arredondar as suas arestas e os diedros.

Outra particularidade das efusivas triássicas gaúchas, condicionando solos rasos e vegetação de campo, é o tipo de diaclasamento dos basaltos, que é

horizontal (19), ao passo que no Estado de São Paulo é quase sempre vertical. Diaclasamento horizontal dificulta a penetração do intemperismo. A água das chuvas abundantes estaciona sôbre os campos ou se esco lateralmente sôbre as lajes inteiriças de rocha. Assim, na Serra Geral gaúcha só vemos matas nas encostas bastante abruptas ou ao longo de arroios que fluem sôbre o platô, lugares êstes, onde as lajes horizontais apresentam solução de continuidade, e o intemperismo pôde penetrar por entre as diáclases expostas. Em tais lugares os solos são profundos e porisso podem sustentar matas. No Estado de São Paulo o diaclasamento das mesmas eruptivas triássicas é vertical porque são quase sempre *sills*. Os *trapps* verdadeiros são realmente poucos, ao contrário da crença geral.

Na região de Uruguiana temos enorme platô inteiriço ligeiramente inclinado para oeste, e, além disto, contendo inúmeras lentes de arenito Botucatu inteiramente silicificado. Nem todos os arroios estão suficientemente entalhados afim de expor as diáclases e as juntas entre os sucessivos lençóis de lavas. Havia assim poucas matas de galeria, e sômente onde não existiam lentes de arenito silicificado. Quase tôdas essas matas foram arrasadas há muito tempo em conseqüência da escassez de terras de cultura, das quais se exige boa profundidade e capacidade de retenção d'água.

Por maior que seja a lixiviação do solo em climas úmidos, os solos rasos não podem empobrecer tanto quanto os profundos, pois a fonte de suprimento de elementos químicos, que é a rocha (durante as estiagens, quando o fluxo de água no solo é de baixo para cima), se acha tanto mais afastada do solo, quanto mais profundo êle é.

Assim os solos da série São Bento gaúcha são rasos. O basalto possui normalmente mais de 50% de vidro vulcânico, altamente resistente ao intemperismo (19). O arenito eólico é ainda mais resistente, pois se acha transformado em massa duríssima de quartzo cimentado com sílica, metamorfismo êste que produz verdadeiros quartzitos.

Os pequenos, mas numerosos afloramentos de arenito estão cobertos por poucos centímetros de poeira preta sustentando vegetação densa, mas de uma dezena de centímetros de altura que fenece totalmente no verão sêco, quando se dão 3 ou 4 semanas sem chuva, o que é muito freqüente, (cêrca de 3 semanas sem chuva uma vez em 2 anos consecutivos).

O basalto produz solos mais ou menos rasos. No caso de solo mais raso temos o seguinte aspecto típico do seu perfil:

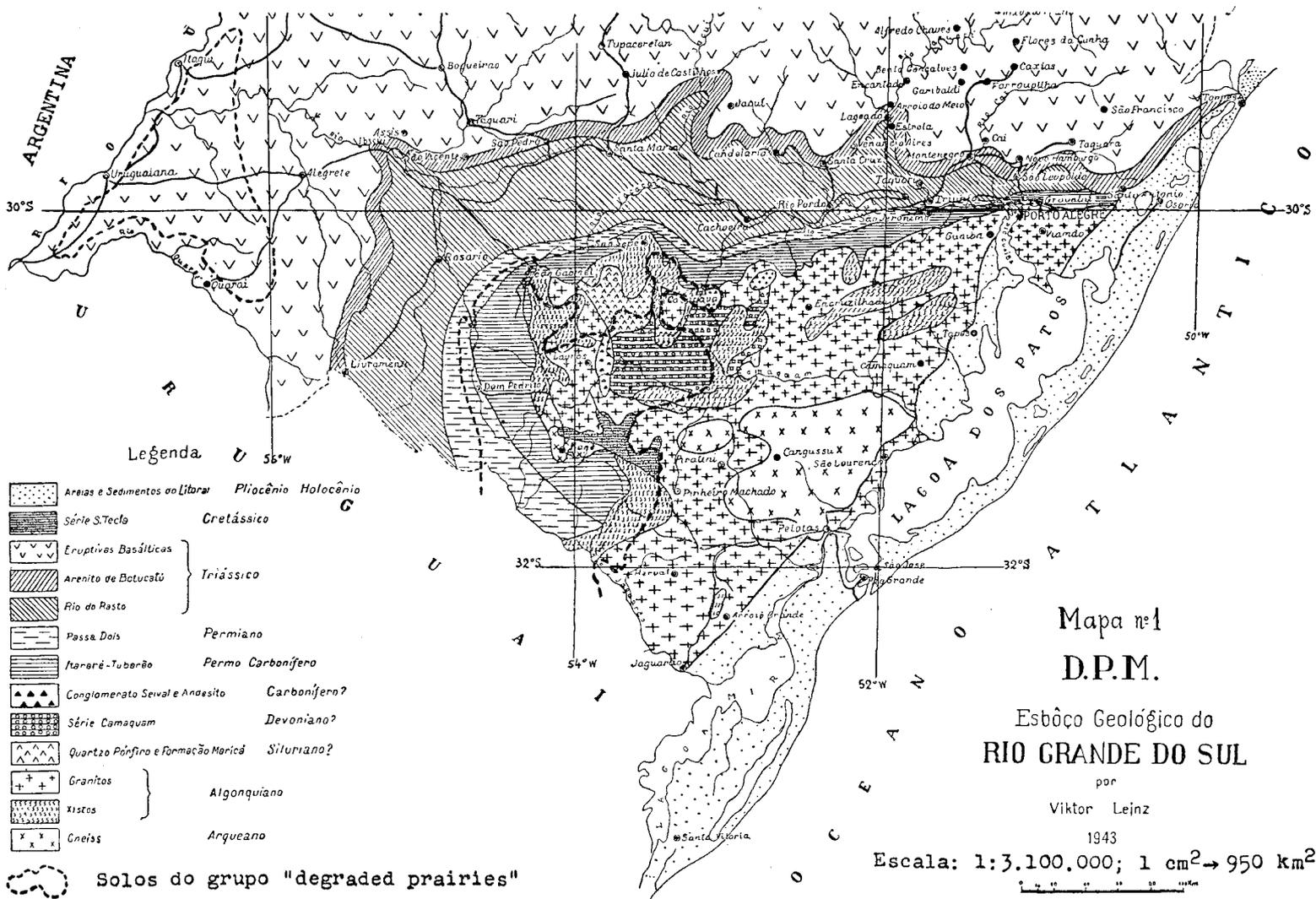
Horiz. A — 0 a 5 cm, negro, sôlto, argiloso, mas de alta agregação, com raízes finas muito abundantes.

Horiz. B — 5 a 10 cm, cinzento-esverdeado, compacto, quase sem raízes, baixa porosidade e baixa retenção d'água.

Horiz. C — 10 a 15 cm, verde claro: rocha decomposta. A 15 cm de profundidade está a laje de basalto, com fendas estreitas e rasas.

No caso do perfil mais profundo, temos:

Horiz. A — 0 a 30 cm, terra preta, argilosa, mas de alta agregação, com raízes finas abundantes, fôfa e sôlta até 15 cm de profundidade;



Legenda

- | | | |
|--|------------------------------------|---------------------|
| | Arenas e Sedimentos do Litoral | Pliocênio Holocênio |
| | Série S. Tecla | Cretássico |
| | Eruptivas Basálticas | Triássico |
| | Arenito de Botucatu | |
| | Rio do Pasto | Permiano |
| | Passa Dois | |
| | Itararé-Tuberão | Permo Carbonífero |
| | Conglomerato Seival e Anasito | Carbonífero? |
| | Série Camaquã | Devoniano? |
| | Quartzo Pálfino e Formação Maricá | Siluriano? |
| | Granitos | Algonquiano |
| | | |
| | | |
| | Solos do grupo "degraded prairies" | Arqueano |

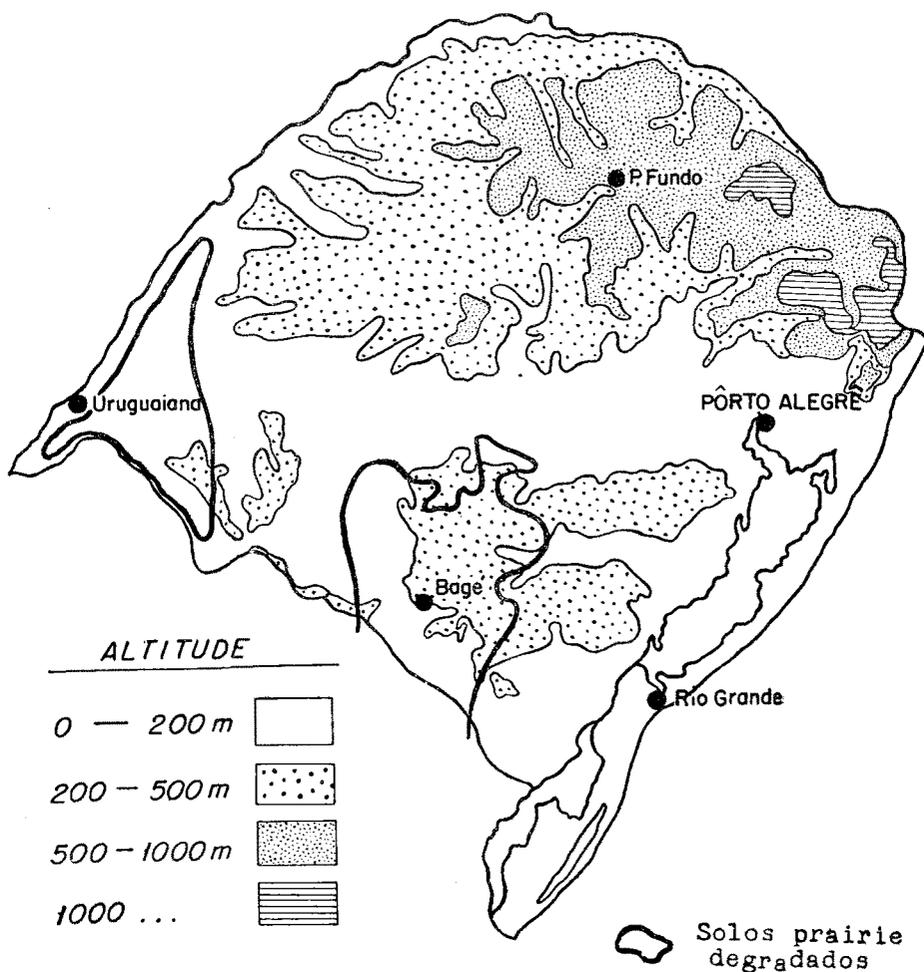
mais densa e menos agregada de 15 a 30 cm, onde a quantidade de raízes finas diminui.

Horiz. B — 30 a 50 cm, cinzento esverdeado, como no caso de perfil raso; na realidade se trata de B de 30 a 35 cm, e de B-C de 35 a 50 cm.

Horiz. C — 50 a 70 cm, verde claro, acinzentado, como no caso de perfil raso; a rocha viva, abaixo de 70 cm de profundidade é negra com material amarelo ou alaranjado nas fraturas e fendas, representando o primeiro grau de decomposição da rocha.

Mesmo nos casos de perfil mais profundo, a vegetação é sempre de campo com gramíneas. Não se encontram raízes grossas no solo, nem carvão que ateste destruição de matas por fogo. Os moradores e as descrições de viajantes relatam que nunca houve matas, salvo ciliares, ao longo de córregos e arroios (ribeirões).

MAPA Nº 2



B. A região de Bajé

Aqui a variedade de rochas é muito grande. Pertencem elas a diversas formações geológicas, abrangendo idades desde o Algonquiano até o Per-

miano (17) (18). Devemos observar que a série Santa Tecla, atribuída ao Cretáceo no mapa geológico aqui anexo, da autoria do Prof. LEINZ (18) que executou o levantamento geológico da região (1943), pareceu-nos semelhante aos sedimentos da série Itararé-Tubarão, do Carbonífero. Em comunicação verbal, contou-nos o Prof. LEINZ que já teve tal idéa, mas sedimentos semelhantes, no Uruguai, são atribuídos ao Cretáceo. Em todo caso, as idades das rochas se estendem no mínimo do Algonquiano ao Permiano, e, o que nos importa mais do ponto de vista pedológico, a variedade litológica não deixa de ser enorme, pois existem sedimentos arenosos, arenosos arcossianos, argilosos e conglomeráticos, bem como eruptivas efusivas e intrusivas, ácidas e básicas. Damos na tabela n.º 1 a lista das rochas que originaram os solos pretos da região de Bajé.

TABELA N.º 1

Rochas que originaram os solos pretos da região de Bajé, (17)

SEDIMENTARES		MACIÇAS		
Arenosas	Argilosas	Metamórficas	Eruptivas	
			Efusivas	Intrusivas
Formação Maricá: Conglomerato, Arenito arcossiano, Arenito	Folhelho Camaquã	Arqueanas:	Ácidas:	Ácidas:
	Tilitos Itararé	Leptinito,	Tufos,	Granitos,
Varvitos Tubarão		Granito gnaissificado	Vitrófiros, Quartzopórfiros,	Granito porfirico,
	Folhelhos Tubarão	Algonquianas:	Dacito	Granito de Caçapava
Argilitos Tubarão		Cloritachisto,	Básicas:	Álcali-granito
	Folhelhos Irati	Hornblenda-chisto, Filitos,	Andesito,	Pegmatitos
Conglomerato Tubarão		Quartzito,	Tufos ande- síticos	Aplitos
	Arenito Tubarão	Calcários		Básicas:
Arenito Corumbataí				Diques de diabásio

NOTA: Diversos dos sedimentos possuem localmente pequenos teores de CaCO_3 , no geral de poucos por cento. Os mais ricos neste sentido são os folhelhos Irati, permianos.

A idade da formação Maricá é provavelmente cambriana ou siluriana. A da série Camaquã, devoniana (16) (17) (18). As intrusivas são algonquianas com exceção dos diques de diabásio, que são triássicos e contribuem de maneira insignificante na formação de solos por ser ínfima a área, em que afloram. As idades das efusivas variam entre a post-algonquiana e a devoniana inferior, mas numerosas dúvidas ainda não foram esclarecidas a este respeito.

Por ser depósito de fragmentos de ejetos vulcânicos, de caráter piroclástico, com minerais bem cristalizados ao lado de vidros, incluímos aqui os tufos entre rochas efusivas.

Entretanto os perfis de solo só apresentam variação correspondente às rochas abaixo do horiz. *A*. Mesmo o horiz. *B*, quando ocorre, varia menos que o *C*. A superfície do solo e o horiz. *A* variam quase tão pouco quanto nos famosos solos zonais dos climas temperados: podzol, prairie e tchernozióm. Evidentemente estamos em presença de região de solos zonais, bem desenvolvidos de acôrdo com a "zona climática" (36). O fator rocha ocupa lugar secundário na gênese dos solos daquelas duas pequenas regiões do Brasil Meridional.

Existem citações de que uma área apreciável esteja coberta por *loess* no Rio Grande do Sul (26, pp. 779-780). Tratar-se-ia de sedimentos amarelos, finos, sem estratificação, "impregnados de matéria orgânica na superfície". Só vimos tais solos em condições que não autorizavam a julgá-los como derivados de *loess*, pois abaixo da capa escura do solo o material pardacento ou com tonalidade marrom parecia passar aos poucos, em profundidade, para folhelho ou argilito decomposto. Para que fôsse possível chamá-lo de *loess*, deveríamos notar camada decididamente arenosa ou, em todo caso, bem diferente, separando o sedimento recente da formação geológica indicada no mapa de LEINZ (18), mapa n.º 1. Se o *loess* possuir de fato certa distribuição geográfica na região em aprêço, significará isto, talvez, menor variedade litológica, mas ao mesmo tempo reforçará os argumentos em favor da nossa hipótese de degradação de solos do grande grupo *prairie* em consequência de, nos últimos milênios, se ter tornado mais úmido o clima, e com estiagem no verão muito mais branda. De fato, forma-se *loess* em climas semi-áridos ou sub-úmidos com forte estiagem no verão, e seus solos, negros e bem agregados, são neutros ou levemente alcalinos, ao passo que os solos da região de Bajé são bastante ácidos, ainda que provenham de folhelhos Irati ou de outro sedimento com certo teor de calcário.

São bastante profundos os perfis de solos negros correspondentes ao andesito. O horiz. *A* possui até 1 m de profundidade, e no mínimo cêrca de 40 cm. É solo bem agregado, profundamente atravessado por raízes finas, argiloso, mas muito poroso e bastante permeável. O horiz. *B* é geralmente ausente. O horiz. *C* é cinzento escuro, clareando com a aproximação à rocha, profundamente alterada, mas não tanto decomposta como se deveria esperar da alteração profunda. Aqui temos rocha efusiva que produziu solos profundos em clima semelhante ao de Uruguaiana. A razão disto provavelmente reside na porcentagem muito menor de vidro vulcânico, além do fato de não haver no andesito lentes de arenito silicificado. Ao passo que a superfície atual da região de Uruguaiana se confunde com a dos derrames basálticos, no caso do andesito ela foi modelada dentro de massa eruptiva enorme, da qual a parte superior já foi eliminada no decorrer de tempos geológicos. E a cristalização porfirítica muito miúda dos maciços expostos significa, ao contrário, facilidades para a ação do intemperismo.

Os solos correspondentes aos sedimentos argilosos são negros, principalmente quando úmidos. Possuem horiz. *B* a partir de 20 a 40 cm de profundidade. Êste horizonte é avermelhado ou amarelado, mas sempre marrom ou cinzento-escuro. O folhelho, argilito ou tilito decomposto fica à profundidade de meio a um metro e apresenta côres características: cinzenta, esverdeada, amarela ou alaranjada.

Os solos dos sedimentos arenosos são cinzento-escuros, quase pretos somente quando úmidos. Ao contrário das condições do Estado de São Paulo, não são muito mais profundos que os originados pelos sedimentos argilosos; acham-se atravessados por raízes finas que não alcançam profundidades maiores que 1 m. A côr preta ou marrom desaparece a profundidade menor que nos solos argilosos. Os campos muito lavrados apresentam-se cinzento-claros, mas raramente o arado traz para a superfície material das camadas amarelas ou cinzentas muito claras.

Parece-nos que os solos arenosos não são disponíveis ao enraizamento até às grandes profundidades verificadas no Estado de São Paulo, porque no verão sêco do Rio Grande do Sul as raízes não podem ser beneficiadas pelo lençol freático, demasiadamente profundo nas coxilhas, ficando confinadas ao solo mais rico de matéria orgânica, a qual eleva a capacidade de retenção d'água do material edáfico arenoso.

IV. A ORIGEM DAS TERRAS PRETAS

A. O clima responsável pela côr das terras

Sabe-se que as terras pretas correspondem ao clima sub-úmido, principalmente quando o inverno é frio e úmido, enquanto o verão é quente e sêco (2) (13) (14) (36). Em tais condições a vegetação é luxuriante na primavera, quando o solo se acha bem provido de água. Mas no fim do verão sêco e quente o teor de água baixa de modo a se tornar inferior ao ponto de murchamento. As raízes se atrofiam e o solo, além disto, recebe grande quantidade de detritos vegetais da vegetação de campo que fenece. A decomposição desta massa de matéria orgânica só começa com as chuvas outonais, mas não passa da fase de humificação. O frio do inverno impede a decomposição do humo. Não se dá o consumo grande de matéria orgânica humificada que se observa no clima úmido quente.

Assim no outono o solo se enriquece em material orgânico prêto. No inverno o humo se conserva graças às baixas temperaturas. No verão a mesma conservação do humo é proporcionada pela falta de umidade no solo necessária à atividade microbiana. O teor de matéria orgânica total do solo só diminui no fim da primavera e no comêço do verão, enquanto o teor de água em diminuição permitir atividade dos microrganismos.

Assim os solos se enriquecem em humo ao ponto de se tornarem negros. O acúmulo de humo possui certo limite ditado pelo suprimento de nutrimento químico da rocha e pelo porte da vegetação. Esta é geralmente de campo (*prairie*), pois o verão sêco, com teor de água abaixo do ponto de murchamento ao menos durante algumas semanas do fim do verão, faz fenecer tôdas as plantas; e as plantas arbóreas, que ainda existirem, morrem sem ter tido tempo para deixar descendência. Assim a região só se povoa com plantas de ciclo curto, que amadurecem antes de apanharem um período de sêca pronunciada. Suas sementes caem ao solo e, por entre detritos mais ou menos humificados e secos, ficam à espera que o teor de água suba novamente no outono ou na próxima primavera, se o frio fôr demasiado para a germinação outonal.

É por isto que as *prairies* são formações vegetais de campo, enquanto bosques são facilmente formados (20) mediante regadio das árvores nos primeiros anos de sua vida. Quando a rega estival dura até se obter bom enraizamento das árvores novas, ou quando se dá um período de varios anos sem estiagem forte, começa a alimentação das árvores pelo lençol freático e a vida da formação florestal se acha doravante assegurada por mais que seque o horiz. A do solo.

Parece-nos que os campos gaúchos recebem sempre sementes de árvores. Quando se dão 2 ou 3 anos sem estiagem aguda, tais árvores se apresentam em forma de arbustos e poderiam eventualmente continuar a crescer se não sobreviesse uma estiagem suficientemente forte para as matar. Hoje sua morte é inevitável, pois devido à escassez de lenha, mesmo arbustos pequenos não são poupados. Pelos motivos que explanamos mais adiante, achamos que alguns séculos atrás a probabilidade das árvores atingirem a maturidade era menor que hoje, pois o clima está se tornando cada vez menos sêco no verão.

Temos assim alguma luz lançada sôbre o problema que intriga os fitogeógrafos: da coexistência de mata e campo natural em solos bastante profundos para sustentarem árvores de bom porte. É questão de clima com forte estiagem no verão apresentada pelas normais climatológicas.

Devemos observar que as tendências naturais citadas, no sentido de aumento de chuvas no verão, estão sendo cada vez mais contrariadas pelo homem.

O homem arrasta grande parte das terras em círculo vicioso de más conseqüências. É lema de pedagogia: em climas úmidos, solo pobre mantém pobre o homem, e o homem pobre maltrata e empobrece cada vez mais o seu solo.

Círculo vicioso semelhante contraria o aumento da vegetação do clima gaúcho com estiagem no verão: a falta de árvores obriga o homem ao extermínio de arbustos, e a conseqüente diminuição da cobertura vegetal do solo tende a diminuir as chuvas do verão, de modo a dificultar cada vez mais o aparecimento das árvores (34, n.º 63, p. 297).

Assim o homem, hoje, está trabalhando contra as tendências naturais do clima. Não temos elementos para avaliar o resultado da ação humana, pois para isto seria necessário examinar ao menos os totais mensais de chuvas dos últimos mil anos, mas a falta destes dados não impede que se infiram as tendências gerais do fenômeno.

B. Características pedológicas dos solos negros

As formações de terras pretas em posições topográficas proeminentes (fora das baixadas) pertencem a dois grandes grupos de solos zonais: *prairie* (êste nome deriva do da formação fitogeográfica) e *tchernozióm* (do russo *tcherno* = negrume, e *zióm* = terra no sentido de grandes áreas).

Prairie corresponde ao clima sub-úmido, em que a evaporação anual sobrepuja relativamente pouco à precipitação atmosférica. *Tchernozióm* corresponde ao clima semi-árido, em que a evaporação é bem maior que a precipitação atmosférica. O inverno é geralmente bastante frio, e o verão bem quente. Quando há estiagem, é sempre no verão.

Visto que o pH do solo depende dêste balanço entre a evaporação e as chuvas (34, n.º 59) (13), o do horizonte A dos solos *prairie* é normalmente de 6 a 7, enquanto o dos *tchernozióm* é de 7 a 8. Ambos são negros de humo sem ou com tonalidade marrom, a qual depende do teor de Fe da rocha-mãe e da natureza do pigmento húmico.

Os solos *prairie* são caracterizados (2, p. 440) (21, pp. 62-69 e 72-90) (36) (14) (34) por apresentarem as seguintes propriedades:

- 1) estrutura granular fina em virtude de elevada porcentagem de Ca entre os catiônios trocáveis,
- 2) ausência de concreções calcárias quando a rocha-mãe não é calcária,
- 3) larga predominância de Ca+Mg sobre K+Na no complexo sortivo,
- 4) presença de H trocável no perfil todo, comunicando ao solo pequeno grau de insaturação da capacidade total de troca catiônica (V de Hissink entre 60 e 80),
- 5) 3½ a 6% de humo,
- 6) quociente C/N (totais) de 9½ a 11½,
- 7) pH de 6 a 7 em suspensão aquosa 1:1,
- 8) pH de 5½ a 6½ em solução salina 1:10 (em KCl),
- 9) ausência de Al trocável, pois somente no caso de rocha argilosa pobre e certa falta de drenagem podem ser encontrados valores de cerca de 0.05 ME/100 g de solo,
- 10) índice Saf (sílica/Al₂O₃+Fe₂O₃) não inferior a 3, podendo subir a 5 e mesmo 6 (sempre determinado no colóide total).

Os solos do grupo *tchernozióm* divergem dos *prairie* principalmente no seguinte:

- a) possuem horiz. B calcário, resultante do fenômeno diagenético chamado "calcificação" ou "carbonatação", profundo e espesso sem ser muito denso, contendo concreções calcárias, presentes ainda que a rocha-mãe seja ácida e pobre em Ca,
- b) ausência quase total do H trocável, o que faz o índice V subir acima de 90,
- c) aumento do pH em profundidade, de modo que já a partir de meio metro se notam geralmente reações de efervescência com ácidos no próprio campo.

Não pudemos encontrar nenhuma destas características nas regiões de Bajé e Uruguaiana, de modo que julgamos fora de qualquer cogitação a possibilidade de existência de *tchernozióm*, ainda que muito degradado. Nas condições térmicas gaúchas, seria preciso que o total anual de chuvas não passasse de uns 600 mm para que pudessem existir solos do grande grupo *tchernozióm*. Passamos dêste modo a comparar as características dos solos de Bajé e Uruguaiana com as dos solos típicos do grupo *prairie*.

V. COMPARAÇÃO ENTRE AS TERRAS PRETAS GAÚCHAS E OS SOLOS "PRAIRIE" TÍPICOS

Damos esta comparação na tabela n.º 2. Em lugar de transcrever os resultados analíticos de vários solos de Bajé e Uruguaiana, preferimos indicar os

limites, entre os quais variam os dados de solos típicos. Êstes dados, que nos foram gentilmente cedidos pelo Dr. WILHELM MOHR, do Laboratório de Química Agrícola, Pôrto Alegre (24) (25), e resultaram da análise de quase uma centena de amostras e perfis de solo, mostram que os solos negros das regiões de Bajé e Uruguaiana se distinguem dos solos *prairie* típicos pelas seguintes características principais:

- 1) possuem menor teor de humo,
- 2) índice C/N mais baixo,
- 3) valores mais baixos de pH, tanto em água neutra, como em solução salina,
- 4) possuem menor profundidade de terra preta,
- 5) teores muito menores de cálcio trocável e de catiônios trocáveis em geral,
- 6) não apresentam acidez hidrolítica tão baixa como certos *prairie*,
- 7) possuem teor muito maior de acidez trocável (Al),
- 8) têm capacidade total de sorção catiônica ("base exchange capacity") mais baixa.

O valor mais notável é o do Al trocável, de 4 a 10 vêzes maior nas terras pretas gaúchas que nos solos *prairie* verdadeiros.

Altamente significativo é também o fato de termos achado concreções calcárias fortemente corroídas em solos da região de Bajé originados por sedimentos possuidores de certo teor de CaO_3 , da ordem de 3% (folhelhos Irati, principalmente quando algo arenosos). As maiores destas concreções atingiam de 1 a 3 cm, a forma geral sendo irregular, de um tipo cilíndrico. Estavam cor-

TABELA N.º 2

Comparação entre os solos "prairie" típicos e as terras pretas gaúchas

CARACTERÍSTICA EDÁFICA	VALORES ANALÍTICOS MÉDIOS		
	Solos prairie típicos	Terras pretas de Bajé e Uruguaiana típicas	
Profundidade horiz. A, cm.....	40 a 100	20 a 70	
Estrutura.....	granular fina	granular fina	
pH em suspensão aquosa 1:1.....	6 a 7	4.8 a 6.0	
pH em solução salina 1:10.....	5½ a 6½	4.3 a 5.5	
Matéria orgânica, % peso.....	3½ a 6	2½ a 4	
Carbono total, % peso.....	2 a 3½	1½ a 2½	
Azoto total, % peso.....	0.22 a 0.30	0.17 a 0.25	
Quociente C/N.....	9½ a 11½	8 a 9½	
Miliequival./100 g solo sêco	Fósforo disponível.....	0.8 a 3	0.7 a 2.5
	Cálcio trocável.....	12 a 30	8 a 12
	Potássio trocável.....	0.5 a 2	0.4 a 1.2
	Bases trocáveis S.....	18 a 40	9 a 17
	Acidóides trocáveis T-S.....	2½ a 6	4 a 6½
	H trocável.....	2½ a 6	4 a 6
	Al trocável.....	0.00 a 0.05	0.2 a 0.5
Capacid. de troca cation T.....	25 a 50	15 a 21	
Saturação c/bases trocáveis V.....	60 a 80	50 a 70	
Quociente $\frac{\text{Ca}+\text{Mg}}{\text{K}+\text{Na}}$ (trocáveis).....	15 a 25	15 a 30	

roídas por fora e por dentro. Possuíam tantos alvéolos e cavidades vermiformes, mal preenchidas por terra preta, que podiam ser fàcilmente esmagadas apertando-as na mão. Estavam evidentemente em processo de dissolução pela acidificação do solo. Sua posição no perfil era na profundidade 50 a 80 cm, onde o horiz. *B* pouco denso, e já de côr clara, passa para o *C*, nitidamente amarelo, alaranjado ou cinzento. Não obstante envolvidas por solo claro, as concreções corroídas continham terra preta certamente devido ao teor alto de cálcio que favorece a estabilidade do humo.

Concreções miúdas eram raras e sempre maiores que meio centímetro. Supomos que as mais miúdas já se tenham dissolvido totalmente. Não se notando silicificação interna ou externa das concreções, parece que, em seguida à calcificação ou carbonatação que o solo sofrera e que resultou em formação das concreções, seguiu-se diagênese laterítica que se caracteriza pela lixiviação da sílica.

Assim, o conjunto das observações que acabamos de expor, parece-nos suficiente para aventarmos a hipótese que os solos negros das regiões de Bajé e Uruguaiana eram solos *prairie* verdadeiros, mas nos últimos 15 séculos ou talvez poucos milhares de anos sofreram degradação em consequência de mudança de clima. Êste deve ter sido de total anual de chuvas algo menor, talvez de 900 ou 1 000 mm, em lugar dos atuais 1 200 a 1 400 mm, mas principalmente de estiagem muito mais forte no verão, com a média de 20 ou 30 mm por mês, de dezembro a fevereiro, em lugar dos atuais 70 ou 100 mm, conforme o ponto examinado.

A avaliação do tempo de vigência da degradação é discutida pormenorizadamente mais adiante.

Dêste modo a classificação atual dos solos negros de Bajé e Uruguaiana seria a de *prairie* “degradados”, o processo pedo-diagenético sendo hoje o de laterização, o que seria evidenciado pela ausência de silicificação das concreções calcárias, já que não podemos comparar os atuais índices $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ com os que existiram nesses solos séculos atrás.

Sinais de dissolução de concreções calcárias e formação de outras, limoníticas, foram achados por WALTHER (38, pp. 22-23) no Uruguai e por J. FRENGUELLI (*Gaea*, 1925, n.º 3) na Argentina. Sem se terem dedicado a suficientes estudos analíticos, alguns pesquisadores platinos já aventaram a hipótese da existência de extensões notáveis de *suelos chernosiomoides degenerados* (39).

Devemos observar aqui que a palavra “degradação” não possui absolutamente significação degradante. Em inglês *degraded prairies* significa prairies que se alteraram por mudança climática no sentido de maior umidade. *De-graded* significa necessidade de reclassificação (um novo “grade”) no sentido de podzolização ou laterização. Visto que não notamos aspecto podzólico algum, que seria inconfundível pela formação de horizonte *A*₂ esbranquiçado seguido por um *B* marrom, parece-nos indubitável que a degradação se está processando no sentido de laterização. De resto, sendo *prairie* os solos mais ricos do mundo, como grande grupo em geral, *degraded prairies* podem ser solos riquíssimos, se a degradação estiver no início. As côres muito

escuras de notável espessura do solo sugerem que a degradação é incipiente. Os valores às vezes muito baixos de pH (para solos do grupo *prairie*) tendem, ao contrário, indicar degradação bastante adiantada. Achamos que a degradação ainda não está muito adiantada, pois o conjunto litológico da região não é de grande riqueza em cálcio, de modo que os antigos *prairie* verdadeiros podiam não ter tido valores de pH muito superiores a 6. *

Os solos *prairie* em questão teriam assim degradado em consequência de laterização, que seria por ora pouco pronunciada, pois a côr negra do solo, seu alto teor de Ca e alto grau de saturação catiônica evidenciam laterização incipiente.

Assim seria explicado também o fato de produzirem as calagens notáveis aumentos de colheita de trigo na região de Bajé. Como no resto do País, aplicações de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ou CaCO_3 foram até hoje poucas naquela região, mas foram sempre altamente eficientes. Algumas foram feitas precedendo aplicação de farinha de ossos ou de superfosfato, mas estes adubos fosfóricos não mostraram retrogradação. Ao contrário, produziram ação mais eficiente depois das calagens. Isto é típico de solos ácidos, principalmente quando bastante húmidos, cuja acidez é apenas atenuada pelas calagens, e nunca eliminada por completo, caso este, em que poderia dar uma insolubilização dos fosfatos.

Vejamos, para concluir, alguns dados climáticos e examinemos a possibilidade de formar alguma idéia a respeito da época provável do início da degradação desses *prairie*. Não cremos que o processo diagenético, ao qual estão sendo hoje submetidos esses solos, seja de podzolização, pois só vimos solos podzólicos nas partes menos úmidas do clima *AB'r* em altitudes superiores a 650 m, onde a temperatura média anual é inferior a 17°C e a do mês mais quente inferior a 22°C. Não havendo sinais de podzolização na zona de Bajé, e muito menos na de Uruguiana, admitimos que as terras pretas do sul e oeste gaúcho estão hoje no início de laterização.

VI. OS DADOS CLIMÁTICOS E A DEGRADAÇÃO DOS SOLOS "PRAIRIE"

A. A precipitação efetiva como índice da umidade do clima

É constantemente repetida a expressão que o clima do Rio Grande do Sul é "de chuvas bem distribuídas". De fato, como mostra a tabela n.º 3, o mês mais chuvoso nem sempre apresenta normais duas vezes mais altas que o mês menos chuvoso, ao passo que no Estado de São Paulo, na linha divisória entre o clima com e sem estiagem (33), o mês menos chuvoso tem 6 a 8 vezes menos precipitação que o mês mais chuvoso. Enquanto neste Estado o mês

* Em setembro de 1949, depois que o presente trabalho já estava escrito, tivemos o prazer de uma troca de idéias com o notável geógrafo uruguaio, Prof. JORGE CHEBATOROFF, o qual nos contou que as regiões vizinhas (Departamentos de Cerro Largo e Treinta y Tres) possuem terras pretas tidas como *prairie* "degradadas", havendo mesmo outras que foram classificadas como *tchernoziões* "degradadas", apesar da ausência, por enquanto, de dados analíticos definitivos. Tais inferências, aliás, muito justificáveis, constam nas seguintes publicações, que, infelizmente, não pudemos consultar:

AZNÁREZ, J. — *Suelos del Uruguay*. Inst. de Estudios Superiores, 1947.

CHEBATOROFF, J. — *Geografía física y biológica*. A ser editado.

mais chuvoso é março no litoral, fevereiro no alto da Serra do Mar, janeiro no planalto todo, e dezembro no extremo interior, e nenhum destes meses pode passar sem ao menos algumas chuvas abundantes, somando ao menos uns 70 ou mesmo 100 mm, no Rio Grande do Sul não há regra a respeito do mês mais chuvoso ou menos chuvoso, e, de resto, qualquer mês pode passar quase sem chuvas.

Entre os meses mais chuvosos da tabela n.º 3 vemos citados todos os meses de abril a setembro, mas julho está faltando na lista, assim como entre os meses menos chuvosos não encontramos janeiro. Isto se explica pelas incurções esporádicas do clima do Brasil Central, onde o mês de julho é o mais sêco e o de janeiro o mais chuvoso. As normais são médias de certos períodos de observações, e dentro destes períodos entram anos, em que o clima do Brasil Central se faz sentir, até mesmo no Rio Grande do Sul, trazendo chuvas em janeiro e impedindo-as em julho.

Afim de exemplificar o clima gaúcho, damos na tabela n.º 4 as normais termo-pluviométricas de Pelotas, de mais de meio século de observações, coligidas pelo Sr. MILTON ROCHA, técnico do Instituto Agrônomo do Sul, que também calculou os desvios-padrão dessas médias.

TABELA N.º 3

Normais pluviométricas no Rio Grande do Sul para o ano e os meses extremos

ESTAÇÃO METEOROLÓGICA	PERÍODO DE OBSERVAÇÕES		TOTAL MÉDIO DE CHUVAS (mm)		
	Época	Duração	Ano	Mês mais chuvoso	Mês menos chuvoso
Bajé.....	1912-1935	24 anos	1350	140 Junho	95 Fevereiro
Uruguaiana.....	1913-1935	23 »	1330	160 Abril	75 Julho, 90 Dezembro
Pôrto Alegre.....	1910-1935	26 »	1260	145 Junho	75 Novembro, 80 Fevereiro
Pelotas.....	1896-1948	53 »	1280	130 Setembro	75 Novembro, 80 Dezembro
Rio Grande.....	1912-1935	24 »	1200	130 Junho	85 Novembro e Fevereiro
São Leopoldo.....	1906-1940	35 »	1310	145 Agosto	85 Fevereiro e 90 Novembro
Santa Maria.....	1914-1935	22 »	1700	170 Junho	120 Fevereiro e Novembro
Passo Fundo.....	1913-1935	23 »	1740	210 Setembro	110 Abril e 120 Fevereiro
São Luís Gonzaga.....	1913-1935	23 »	1760	190 Junho	90 Julho e 110 Fevereiro
Caxias do Sul.....	1913-1935	23 »	1800	200 Junho	110 Fevereiro e Novembro
Guaporé.....	1912-1924	13 »	1830	225 Junho	105 Outubro e 125 Dezembro
Alfredo Chaves.....	1913-1915	17 »	1850	200 Junho	110 Novembro e 125 Fevereiro
	1922-1935				
oãS Francisco de Paula..	1912-1924	13 »	2375	235 Setembro	175 Dezembro e Fevereiro

NOTA: Os dados de Alfredo Chaves e Caxias estão nas Normais Climatol. (23), os de São Leopoldo foram relatados por J. DUTRA (8), os de Pelotas nos foram fornecidos gentilmente pelo Sr. MILTON ROCHA (Inst. Agron. do Sul), e os restantes pelo Inst. Coussirat de Araújo, de Pôrto Alegre.

TABELA N.º 4

Normais termo-pluviométricas de Pelotas (Escola de Agronomia)
53 anos de observações: 1896 a 1948

MESES	TEMPERATURAS MÉDIAS			MÉDIAS DE CHUVAS			PRECIPITAÇÃO EFETIVA		
	Normal (°C)	Desvio Padrão (°C)	Coef. de Variab. (%)	Normal (mm)	Desvio Padrão (mm)	Coef. de Variab. (%)	Normal	Estação úmida ou seca	Sobre o ano (%)
Fevereiro.....	23.4	1.1	4.7	117	64	54	24		
Março.....	22.0	1.2	5.5	102	80	78	23		
Abril.....	19.1	1.3	6.8	103	65	64	28		
Maió.....	15.9	1.3	8.2	107	95	89	37		
Junho.....	13.4	1.5	11.2	122	82	67	49	141 úmida	36.0
Julho.....	13.2	1.8	13.6	107	70	65	44		
Agosto.....	13.8	1.7	12.3	121	80	66	48		
Setembro.....	15.4	1.2	7.8	128	64	50	45		
Outubro.....	17.2	1.3	7.6	104	70	67	33		
Novembro.....	19.7	1.0	5.1	77	47	61	20	62 seca	15.8
Dezembro.....	22.1	1.1	5.0	82	54	65	18		
Janeiro.....	23.2	1.2	5.2	113	76	67	24		
ANO.....	18.2	0.6	0.3	1283	325	25	393		

NOTA: Os 3 meses mais úmidos são junho a agosto; os mais secos, novembro a janeiro. A existência do verão seco seria caracterizada se a precipitação efetiva dos três meses mais secos constituísse menos de que 15% da precipitação efetiva anual, ou se a dos 3 meses mais úmidos fôsse mais de 40% do índice total do ano.

Vê-se que o coeficiente de variabilidade das chuvas não apresenta distribuição regular através do ano, ao contrário do Estado de São Paulo (33, tab. n.º 111), onde êste coeficiente é alto no inverno e baixo no verão. Examinando os totais mensais de chuvas ocorridas no Rio Grande do Sul, numa série de anos, podemos verificar o máximo praticamente em qualquer mês, e mesmo existência de dois ou três máximos e outros tantos mínimos. Assim, com cada ano que passa, as normais vão se alterando sensivelmente, e a primazia do mês mais chuvoso ou mais seco passa de um mês para outro.

Se é verdade que as chuvas no Rio Grande do Sul são "bem distribuídas", é entretanto falsa a interpretação geral dêste fato no sentido de igual umidade do clima através do ano. Isto só seria verdadeiro, se as temperaturas fôsem as mesmas em todos os meses, como se dá, por exemplo, em Belém do Pará. Mas as temperaturas médias do Rio Grande do Sul variam entre limites mais dilatados que em qualquer outra região do Brasil.

Afim de falarmos em termos de umidade do clima, e não de totais de chuvas, devemos recorrer aos cálculos ou nomogramas (29) (31) (32) que fornecem a precipitação efetiva. Do ponto de vista pedológico ou ecológico êste é um modo melhor de avaliar a umidade do clima, pois significa aquela parcela das chuvas que, descontada a evaporação, constitui o índice de quantidade d'água que realmente permanece no solo, decompõe as rochas e alimenta a vida edáfica, dentro de condições iguais de *run-off*. Vejamos assim na tabela n.º 5 os dados da tabela 3 em termos de precipitação efetiva.

B. A existência de estiagem no Rio Grande do Sul

Substituindo na fórmula de precipitação efetiva:

$$\pi = \frac{P}{1.07^t},$$

P pela precipitação mensal média em mm, e t pela normal de temperaturas médias mensais, temos os índices mensais π de precipitação efetiva (31) (32).

As tabelas 5 e 6 apresentam os índices anuais e os do mês e trimestre mais secos e mais úmidos. Já tivemos oportunidade de deduzir (31) os índices

TABELA N.º 5

Os índices de precipitação efetiva no Rio Grande do Sul

ESTAÇÃO METEOROLÓGICA	TEMPERATURAS MÉDIAS EM GRAUS CENTÍGRADOS			ÍNDICES DE PRECIPITAÇÃO EFETIVA			
	Média anual	Mês mais quente	Mês mais frio	Anual	Mês mais sêco	Mês mais úmido	3 meses mais secos
Bajé.....	17.7	24 FEV	11½ JUL	430	19 FEV	59 JUN	65 DEZ FEV
Uruguaiana.....	19.6	26½ JAN	13 JUL	359	16 JAN	44 MAI	56 DEZ FEV
Pôrto Alegre.....	19.2	24½ JAN FEV	13½ JUL	373	15 FEV	57 JUN	51 DEZ FEV
Pelotas.....	18.2	23½ FEV	13 JUL	393	18 DEZ	49 JUN	62 NOV JAN
Rio Grande.....	18.0	23½ FEV	12½ JUL	376	17 FEV	54 JUN	59 JAN MAR
São Leopoldo.....	19.6	25 JAN FEV	13½ JUL	378	16 FEV	53 AGO	52 JAN MAR
Santa Maria.....	19.1	24½ JAN	13½ JUN JUL	490	24 FEV	68 JUN	80 DEZ FEV
Passo Fundo.....	17.4	22½ JAN	12½ JUL	562	27 FEV	78 JUN	89 FEV ABR
São Luís Gonzaga.....	19.7	25½ JAN	13½ JUL	481	21 FEV	68 JUN	77 DEZ FEV
Caxias do Sul.....	15.8	20½ JAN	11 JUL	650	28 FEV	91 JUN	100 DEZ FEV
Guaporé.....	17.0	22½ JAN	11½ JUL	614	29 FEV	97 JUN	97 DEZ FEV
Alfredo Chaves.....	16.4	21½ JAN	11½ JUL	641	30 FEV	87 JUN	100 DEZ FEV
São Francisco de Paula...	14.9	19 JAN FEV	10 JUL	892	48 FEV	107 JUN	156 DEZ FEV

NOTA: Na última coluna figura a soma mais baixa das precipitações efetivas de três meses consecutivos.

anuais que no Estado de São Paulo separam os climas superúmido do úmido, e éste do sub-úmido. São êles 520 e 260.

Assim São Francisco de Paula, Caxias do Sul, Alfredo Chaves, Guaporé e Passo Fundo possuem clima superúmido, o de Passo Fundo sendo próximo da classificação de úmido. As oito cidades restantes, cujos dados aqui analisamos, são de clima úmido, mais próximo do superúmido que do subúmido. Do ponto de vista pedológico a determinação da precipitação efetiva oferece a possibilidade de se organizarem mapas com isolinhas de umidade do clima. As curvas de igual umidade trimestral e mensal permitiriam correlação direta com a ecologia vegetal. Já fizemos isto para o Estado de São Paulo (33, mapas num. 11, 12, 13 e 15). Posteriormente racionalizamos (31) (32) a fórmula THORNTHWAITE (33), obtendo, na opinião dêsse autor (carta particular), uma expressão melhor da precipitação efetiva. De fato, a degradação lenta dos *prairie* (teor ainda relativamente alto de Ca trocável e de V), as dificuldades da agricultura e da pecuária no verão, a vegetação de campo que não se reveste de matas com facilidade, apesar da ausência de queimadas, tudo isto prova que existe estiagem no verão, mesmo que seja muito branda, ao passo que pela fórmula THORNTHWAITE nenhuma região gaúcha teria condições tão próximas da existência de estiagem.

Conhecendo o grau de umidade do clima mês por mês, podemos verificar se o clima é portador de estação sêca ou não. Dois critérios (32, p. 345) existem. De acôrdo com o primeiro dêles, que já mostrou sua eficiência afim de caracterizar a região com estiagem no planalto paulista, a existência de estação sêca é verificada quando o índice de precipitação efetiva dos 3 meses consecutivos mais secos é menor que 15% do índice anual. O segundo critério, que se mostrou eficiente na região litorânea do Estado de São Paulo, diz que há estiagem quando o trimestre mais úmido reúne mais de 40% da precipitação efetiva anual.

Pela tabela n.º 6 vê-se que de acôrdo com ambos os critérios só há estação sêca em Pôrto Alegre e na cidade vizinha de São Leopoldo. Ainda assim a estiagem é branda. A mancha dêsse clima úmido com estiagem no verão (ver o mapa n.º 3) estende-se provavelmente na direção de Encruzilhada e Canguçu, abrange Pinheiro Machado e talvez mesmo Erval, mas não atinge Bajé. Teria assim quase 100 km de largura e pouco mais que 300 km de comprimento, cuja direção geral seria de NE para SW, e a área total de uns 24 mil km².

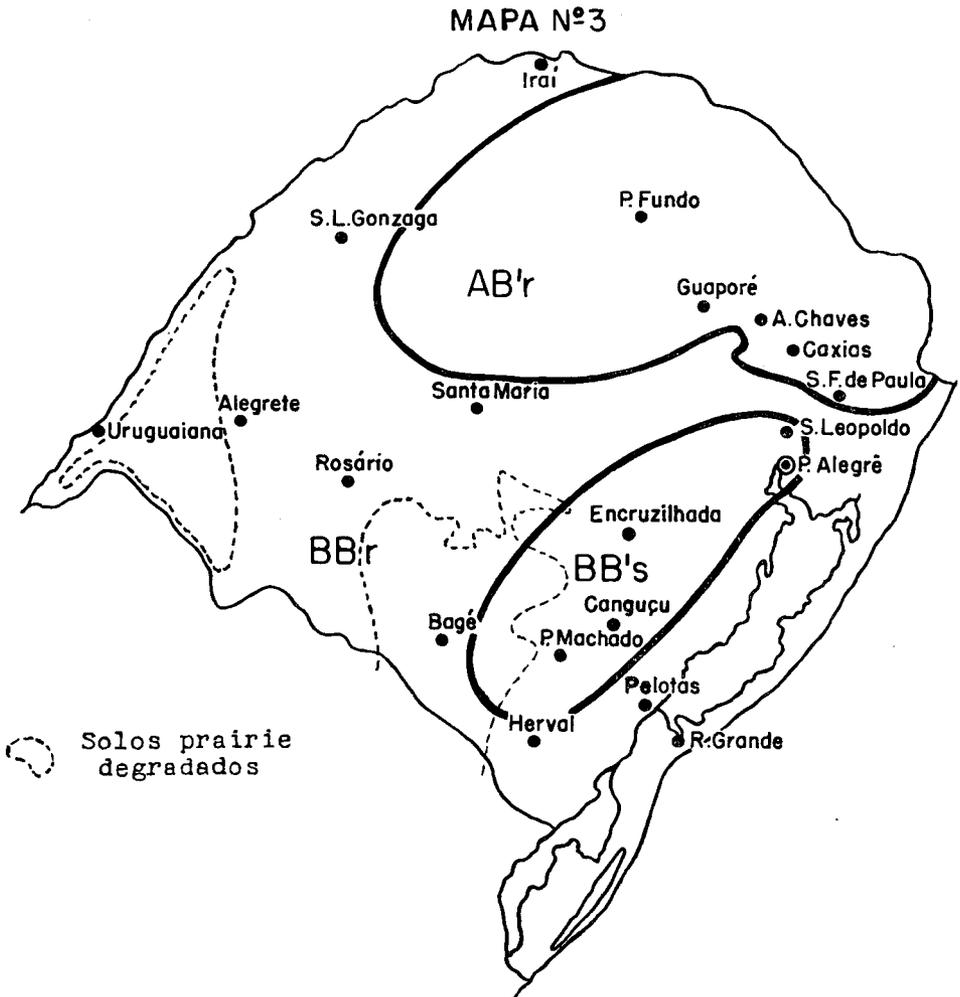
O que nos faz estender assim os dados de Pôrto Alegre e São Leopoldo, é o fato de termos visto numerosos dados climáticos de Encruzilhada, onde COUSSIRAT DE ARAÚJO (7) assinala a mais alta concentração de chuvas no inverno, Canguçu e outros pontos da região, sem que nos seja possível apresentar aqui suas médias. Esta seria a mancha *BB's* do clima do Rio Grande do Sul, ao passo que a mancha *AB'r* do clima superúmido abrangeria o platô basáltico com as suas encostas desde as divisas norte e leste do Estado até o vale do Uruguai, de Iraí até S. Luís Gonzaga (mapa n.º 3). O restante do Estado seria de clima *BB'r*. Estas convenções significam, respectivamente:

AB'r = clima superúmido mesotermal sem estiagem,

BB'r = clima úmido mesotermal sem estiagem, e

BB's = clima úmido mesotermal com estiagem no verão.

Corroborar na caracterização da estiagem estival, ainda que branda, a existência de campos de longa data fora do Complexo Cristalino e das depressões dos vales. Não obstante serem relativamente pouco queimados os campos das terras pretas de Bajé, e ainda menos os de Uruguaiana, havendo muito mais queimadas nas áreas dos climas mais úmidos, pouco se pode objetar contra a suposição que todos os campos gaúchos de terras profundas tenham tido revestimento florestal e que este tenha sido eliminado pela mão humana, ao menos do índio precolombiano, se não fôr do colonizador branco. Não nos parece verídica tal suposição. Achamos que, fora das depressões dos vales e fora do Complexo Cristalino, os campos gaúchos são naturais.



Nos solos do Estado de São Paulo temos encontrado restos cilíndricos de raízes carbonizadas praticamente em tôdas as terras fora das baixadas. São atestados de eliminação de matas a fogo. Enquanto a parte aérea da vegetação arbórea pode ser inteiramente consumida pelo fogo, deixando apenas a cinza sôbre o solo, as raízes grossas só ardem lentamente, pois a falta de arejamento e certo teor de umidade condicionam formação de carvão. Tais condições parecem não ser suficientes para a carbonização das raízes finas; e daí o fato

de só serem encontrados pedaços de carvão bastante graúdos, de diâmetro geralmente superior a meio centímetro.

Talvez tenham sido demasiadamente poucas as observações que neste sentido fizemos na zona gaúcha em questão, mas não encontramos vestígios de carvão nas terras pretas da zona de Bajé bastante profundas. O mesmo podemos afirmar quanto aos campos de Rosário, onde os solos arenosos atingem vários metros de profundidade facilmente disponível à vegetação arbórea. São campos, provavelmente, de origem climática.

TABELA N.º 6

Relação entre a umidade trimestral e a anual no Rio Grande do Sul

ESTAÇÃO METEOROLÓGICA	ÍNDICE DE PRECIPITAÇÃO EFETIVA			PORCENTAGEM DE UMIDADE	
	Anual	Trimestre mais úmido	Trimestre mais seco	Trimestre mais úmido	Trimestre mais seco
Bajé.....	430	161 JUN AGO	65 DEZ FEV	37.4	15.1
Uruguaiana.....	359	122 ABR JUN	56 DEZ FEV	34.0	15.6
Pôrto Alegre.....	373	154 JUN AGO	51 DEZ FEV	41.2	13.7
Pelotas.....	393	141 JUN AGO	62 NOV JAN	36.0	15.8
Rio Grande.....	376	141 JUN AGO	59 JAN MAR	37.5	15.7
São Leopoldo.....	378	153 JUN AGO	52 JAN MAR	40.5	13.8
Santa Maria.....	490	174 JUN AGO	80 DEZ FEV	35.5	16.3
Passo Fundo.....	562	194 MAI JUL	89 FEV ABR	34.5	15.8
São Luís Gonzaga.....	481	167 ABR JUN	77 DEZ FEV	34.7	16.0
Caxias do Sul.....	650	236 JUN AGO	100 DEZ FEV	36.3	15.4
Guaporé.....	614	239 JUN AGO	97 DEZ FEV	38.9	15.8
Alfredo Chaves.....	641	239 JUN AGO	100 DEZ FEV	37.2	15.6
São Francisco de Paula.....	892	295 JUN AGO	156 DEZ FEV	33.0	17.5

Devemos lembrar o fato que o clima de hoje, apesar de portador de estiagem já bastante atenuada, apresenta à pecuária e à agricultura diversas dificuldades no verão que adquirem caráter grave uma vez em 3 ou 4 anos

consecutivos. Perdem-se colheitas de verão em consequência de períodos de 20, 30 e mesmo 40 dias praticamente sem chuvas. Os capins chegam a fene- cer nos campos do alto das coxilhas. Ainda que isto não se dê, o gado sofre de fome.

Este último fato merece explicação melhor. Quando os córregos pequenos secam, o gado se desloca para as baixadas dos cursos d'água maiores, concentra-se aí, e assim consome ou pisa as pastagens até aniquilá-las. Apesar disto, não se afasta de tais baixadas, pois teme mais a sede que a fome. Em resultado, o gado emagrece muito e há casos de se tornar imprescindível levar enormes manadas a diversas dezenas de quilômetros de distância afim de evitar-lhe a morte por inanição ou um emagrecimento muito prejudicial. Uma vez em cerca de 10 anos há notáveis perdas na pecuária gaúcha por motivos desta ordem.

C. Mudança de clima necessária à degradação dos solos negros gaúchos

Como acabamos de provar, o regime de chuvas bastante bem distribuídas no Rio Grande do Sul apresenta na realidade verão muito mais sêco que o inverno, se bem que a existência de estiagem climática só possa ser caracterizada na mancha elíptica mencionada entre Pôrto Alegre e Bajé, não atingindo, a rigor, esta última localidade. Esta mancha (mapa n.º 3), aliás de estiagem branda, seria o remanescente do clima com estiagem estival forte que teria vigorado ao menos na metade meridional do Estado diversos séculos, ou talvez milênios atrás.

As terras pretas das regiões de Bajé e Uruguaiana não poderiam ter-se formado de outro modo com esta independência da geologia que hoje se observa.

São antigos solos do grupo *prairie* de clima subúmido sem estiagem, de precipitação efetiva anual entre 130 e 220, como em Omaha, Nebr., Wichita, Kans., Oklahoma, Okla., ou Dallas, Tex., nos Estados Unidos (37), ou de clima bastante úmido com precipitação efetiva de 220 a 300, mas com forte estiagem no verão como no Coastal Range da Califórnia (2). O inverno teria sido tão frio e úmido como o encontramos hoje.

Por que nos parece mais provável que tenha existido verão muito mais sêco que hoje? Por que assim estamos admitindo mudança climática a menor possível. É mais provável que no curto prazo de 2 ou 3 mil anos mude nitidamente a distribuição sazonal das chuvas que o seu total anual (11).

Não vamos citar aqui os já numerosos estudos publicados atestando que a alteração dos processos pedo-diagenéticos em perfis de solo inteiros, ou apenas em certos horizontes, é hoje considerada das melhores provas de mudanças climáticas. Em solos de baixada, graças à conservação da matéria orgânica, estudos microscópicos da natureza dos restos vegetais também têm sido admitidos como ótimas provas de mudanças climáticas achadas estudando solos (6) (1) (5).

A nossa hipótese da degradação de solos do grande grupo *prairie* no extremo Sul do Brasil tende a lançar luz sôbre a fitogeografia dessa região de campos. Seriam eles naturais, não resultantes da ação humana. De resto, o homem nunca queima os campos em climas secos ou de verão sêco, quando a

inclemência do sol sempre ameaça aniquilular as pastagens. A queima dos campos é feita nos climas úmidos, ou precedendo verão úmido, quando não faltarão chuvas que façam ressurgir a pastagem com novo vigor, ainda que os solos sejam assim debilitados e a fitossociologia presente de ano em ano balanço cada vez pior no que diz respeito às plantas comestíveis para os animais.

VII. IDADE PROVÁVEL DA MUDANÇA DO CLIMA E DA DEGRADAÇÃO DO SOLO "PRAIRIE"

Por que achamos que a mudança climática se tenha iniciado "uns 20 séculos ou poucos milênios" atras? Por que o prazo mínimo para a dissolução de concreções calcárias em solos derivados de folhelho arenoso com 3 a 5% de CaCO_3 , elevação do Al trocável no solo de um máximo de 0.05 a um de 1.0 ME/100 g de solo sêco ao ar, abaixamento do pH em KCl de um mínimo de 5½ para um de 4½, redução do Ca trocável à metade, etc., são alterações que, sem intervenção humana, devem ter requerido ao menos uns 500 anos, mas talvez não mais que uns 2 000, de acôrdo com os pontos de vista atuais, resultantes dos estudos do fator tempo na gênese de solos (13). Mas, assim como todos os autores que têm estudado o assunto, ainda que armados de dados arqueológicos ou históricos (13) (12) (11), não negam a precariedade da avaliação do tempo em anos, achamos que no nosso caso estamos sujeitos a êrro da mesma ordem de grandeza.

No entanto, as pesquisas mais bem fundamentadas quanto à duração das alterações climáticas periódicas, as quais abrangeram cêrca de 2 mil anos (11) e se basearam em fatos históricos e outros como os anéis de crescimento das sequóias, nos sugerem que o prazo de 500 a 2 000 anos seria insuficiente para produzir alterações climáticas definitivas.

A expressão "mudança climática definitiva" é imprópria, pois provas geológicas irrefutáveis mostram que praticamente em qualquer lugar do globo terrestre já houve climas frios e quentes, secos e úmidos. Assim "mudança definitiva" é questão de escala, em que o clima é observado. Referimo-nos aqui a períodos de tempo de milhares de anos. Nos 2 mil anos documentados por HUNTINGTON (11) os ciclos são de poucos séculos, e, portanto, períodos desta duração devem ser considerados suficientes para mudanças climáticas "não definitivas". Assim, no nosso caso, mudança "definitiva" faria parte de ciclos não inferiores a alguns milhares de anos.

Assim, de acôrdo com os dados históricos, arqueológicos e os obtidos pelo estudo dos anéis dos troncos de sequóias gigantesas, alteração climática "definitiva" deveria necessitar de um lapso de tempo maior que 500 a 2 000 anos afim de produzir mudança do clima que verificamos nas campinas gaúchas.

Não nos parece, entretanto, acertado dilatarmos muito o prazo "500 a 2 000 anos" em vista do sentido da degradação que os solos sofreram. Os estudos atuais do fator tempo na gênese dos solos admitem que a degradação do grande grupo *prairie* para o *tchernozióm*, dêste para os solos castanhos e dêstes para os *solontchaks* requer mais tempo do que a degradação em sentido contrário, isto é, do grupo *prairie* para o laterítico ou para o podzólico. As degrada-

ções seriam tanto mais rápidas, quando mais úmido e quente (9) é o clima provocador da degradação, isto porque a decomposição dos minerais é promovida pela umidade e apressada pelas temperaturas. De acôrdo com a dedução da fórmula da precipitação efetiva (29) (31), a cada 10°C de aumento da temperatura média dobraria a intensidade da decomposição dos minerais.

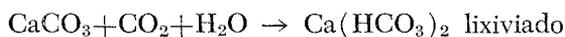
É hoje opinião corrente (6) (5) (27), que: 1) os climas geralmente mudam; 2) que notáveis mudanças nas temperaturas não são mais freqüentes que as evidenciadas pelas glaciações quaternárias, a última das quais data de 15 a 20 mil anos, e 3) que o regime pluviométrico pode sofrer notáveis mudanças em muito menos tempo, da ordem de apenas um par de milhares de anos.

As alterações climáticas, menos definitivas, com periodicidade de poucos séculos, mais ou menos bem esboçada (11), referem-se quase sempre aos climas subúmidos ou semi-áridos, como os das regiões versadas nas escrituras sagradas, tráfego de caravanas no sudoeste da Ásia, oscilações do nível do mar Cáspio, anéis de crescimento das sequóias californianas, etc.

Assim, no nosso caso, parece-nos possível avaliar o tempo necessário para a degradação das *prairie* gaúchas tomando como limite mínimo "500 a 2 000 anos" baseado nos processos diagenéticos dos solos, e, como limite máximo, pouco mais que 2 mil anos, até 3 000 ou 3 500 anos, baseado nas evidências históricas, arqueológicas e aquelas das sequóias da Califórnia. Visto que o nosso caso é de alteração climática no sentido de maior umidade, preferimos o limite mínimo ao máximo. Assim, entre 500 e 2 500, temos cêrca de 1 500, e entre 2 000 e 3 500, preferimos 2 500. Parece-nos, pois, mais plausível avaliar o tempo decorrido desde o início da laterização, ou melhor, da lixiviação das *prairie* gaúchas, em 1 500 a 2 500 anos.

A freqüência da mudança das temperaturas médias de cêrca de 5°C tem sido aventada (27, pp. 88-91) como podendo ocorrer com intervalos não inferiores a alguns milhares de anos, no mínimo uns 3 000, ao passo que mudança no regime das chuvas da ordem de grandeza capaz de promover a degradação dos solos *prairie* gaúchos tem sido considerada possível no prazo de 2 mil anos e mesmo menos.

Seria longo citar os trabalhos capazes de fornecer idéia quantitativa a respeito da solubilização de concreções calcárias por águas edáficas ácidas. Tais dados variam extraordinariamente, conforme o lugar e a época da determinação. Avaliando a quantidade de água que percorre uma coluna de solo por ano, poderíamos calcular o tempo necessário afim de dissolver as concreções que aquela coluna de solo deveria conter pelo aspecto dos restos corroídos de material concrecionário que observamos no campo. Não nos atrai, porém, tal perspectiva de conseguir dados numéricos desta ordem, pois há inúmeras causas de êrro. O pH da água edáfica não é o único fator da solubilização do CaCO₃, pois o teor de CO₂ do ar edáfico tem papel essencial:



O revestimento vegetal e a vida microbiana, que são os fornecedores de CO₂ ao solo, podem ser super ou subestimados facilmente de 3 ou 4 vezes, principalmente devido à sua variação com as estações do ano. A circulação de águas edáficas no clima das antigas *prairie* tem sido de cima para baixo no

inverno úmido, e de baixo para cima no verão quente e sêco, invertendo-se após cada chuva. O horiz. B, abaixo do qual se acham as concreções, serve de obstáculo para a percolação das águas, represando-as. A evaporação de hoje sobrepuja a precipitação atmosférica nos anos menos chuvosos, e isto significaria movimento do Ca de baixo para cima, da rocha para o solo. Além da impossibilidade de avaliar numericamente o movimento lateral das águas edáficas, a erosão do solo, e o consumo de Ca pelas colheitas e pelo pastoreio dos últimos 300 anos, temos o problema: a que época estender os dados hoje vigentes e que gradiente adotar de modo que represente o processo lento da degradação das *prairie*, pois, indubitavelmente, a mudança climática não se iniciou repentinamente de um ano para outro. Enfim, quase todos os dados que entrassem no cálculo, poderiam ser involuntariamente exagerados, para mais ou para menos, várias vezes o seu valor. Assim a falta de precisão no julgamento do tempo necessário à degradação dos solos em questão nos parece não só justificável, mas uma necessidade do ponto de vista científico.

Conhecemos cerca de 3 dezenas de trabalhos que apresentam provas, mais ou menos lógicas, atestando mudanças climáticas da mesma ordem de grandeza que a responsável pela degradação dos solos *prairie* gaúchos, mas nenhum destes trabalhos pode servir para lançar luz direta sobre o nosso caso, pois tratam todos êles de regiões afastadas daqui milhares de quilômetros. Essas mudanças climáticas não podem (11, p. 529) ser consideradas paralelas à nossa. Antes, pelo contrário, se no hemisfério boreal ou na Austrália se tenham produzido mudanças de clima no sentido de maior umidade, aqui devemos esperar mesmo mudanças em sentido contrário, em obediência ao princípio da permanência, ou quase isto, das médias mundiais, consideração esta que não deve ser desprezada, mormente em se tratando de variações de poucos milhares de anos. Devemos observar aqui, que as áreas que se supõem afetadas por mudanças climáticas recentes no sentido de clima mais sêco são muito maiores que aquelas, em que o clima se teria tornado mais úmido.

Numerosas opiniões foram emitidas (4) (12) (27) no sentido que as glaciações permo-carboníferas e as quaternárias se tenham produzido pelo abaixamento de temperaturas de toda ou quase toda a superfície do globo terrestre por diversas causas aventadas, astronômicas ou outras, de que não vamos falar aqui. Mas em se tratando de alterações no regime pluviométrico, mormente afetando poucos milhares de anos, é mais provável que mudança de movimento normal de massas de ar aumente a umidade do clima de uma região em detrimento de outra.

Diversas das melhores provas não pedológicas (1) (4) (11) (27) de mudanças climáticas são aqui impossíveis: contagem da espessura e verificação da natureza das camadas estivais e hibernais dos varvitos dos lagos, cuja bacia hidrográfica esteja submetida a degelos anuais, verificação dos anéis de crescimento de árvores milenárias, dados históricos de migração dos povos milhares de anos atrás em consequência de sêcas ou de inundações, elevando o nível de lagos e fazendo submergir habitações, alteração dos tipos de agricultura de tais povos, etc. Não tivemos notícia de algum estudo uruguaio ou argentino baseado em análise de restos orgânicos de depósitos humosos de baixada que tratasse de região distante menos de 500 km (1) das *prairie* gaúchas degra-

dados. Mas esperamos que tais estudos apareçam em futuro próximo. Então, em conexão com a nossa hipótese, poder-se-ão formar idéias mais sólidas sobre a veracidade da mudança climática aqui inferida por evidências pedológicas.

VIII. O RIO GRANDE DO SUL NOS MAPAS PEDOLÓGICOS

Desejamos ainda mencionar o grau de exatidão dos diversos mapas dos grandes grupos de solos do mundo e da América do Sul no que diz respeito ao Rio Grande do Sul, que nêles aparece de tamanho não superior a 1 cm².

Alguns dêles indicam o grande grupo *prairie* ocupando quase todo o Estado (3), outros apenas o extremo sul (10), e há ainda outros que não deixam o grupo *prairie* passar das fronteiras do Uruguai e da Argentina (22). Apesar da escala por demais reduzida que dificulta o discernimento, parece-nos que o tipo predominante é um intermediário entre os dois primeiros (p. ex.: *Physical Geography* de A. L. SEEMAN, fig. 107; *Latin America* de R. S. PLATT, fig. 6; *Elements of Geography* de FINCH e TREWARTHA, pl. 9).

Êsses mapas não estão errados, pois nenhum dos seus autores garantiu sua exatidão nesta parte do mundo. Todos foram apresentados como tentativas provisórias, apenas para dar alguma idéia sobre a possível distribuição dos grandes grupos de solos no continente sul-americano. Para nós o 3.º dos tipos mencionados é o melhor, pois solo *prairie* verdadeiro realmente não existe no Rio Grande do Sul.

Não há ainda mapas pedológicos de qualquer país sul-americano. Em 1948 o Instituto de Suelos y Agrotecnia da Argentina editou, na escala de 1:9 200 000, um belo "Bosquejo General de los Materiales Originarios de los Suelos" de todo o país, isto é, o mapa das rochas-máter dos solos, ou seja, um mapa geológico que se preocupa mais com o que aflora. Êsse primeiro mapa nacional organizado por serviço pedológico deixa em branco todos os países vizinhos. A única indicação útil dêsse mapa, para o caso presente das campinas gaúchas, poderia ser quanto à existência de *loess*. Mas depósitos dêste tipo apenas aparecem no sul da província de Entre Rios, indicando que só poderiam se estender pelo sul da República do Uruguai. O mapa geológico desta (1946, escala 1:750 000), bem como os mapas mais detalhados (por exemplo, o do Departamento de Treinta y Tres, de NICOLÁS SERRA, escala 1:250 000, 1944) não trazem *loess* por não serem litológicos na parte cenozóica. Nas descrições dos depósitos pampeanos e post-pampeanos o *loess* não é mencionado, evidentemente por não terem sido, para isto, suficientemente minuciosos e profundos os estudos por ora executados.

IX. SUMÁRIO E CONCLUSÕES

Quase 30 mil km² da parte sul e ocidental do Rio Grande do Sul apresentam terras pretas fora das baixadas de maneira nitidamente independente da litologia. É a única região do Sul do Brasil, em que ocorrem terras pretas eluviais que já pertenceram ao grande grupo de solos zonais *prairie*. Devem ter-se originado há muitos milhares de anos, quando o clima fôra certamente

menos úmido que hoje, e portador de verão muito mais sêco. Esta também deve ser a razão da existência ali de campos naturais, pois estiagem coincidindo com o verão mata a incipiente vegetação arbórea antes que esta produza sementes, enquanto a vegetação herbácea, de ciclo curto, brota e amadurece anualmente, morrendo no fim do verão, justamente quando cessa o fornecimento de água pelo solo.

O aumento gradativo da umidade do clima, principalmente no verão, que teria tido início de 1 500 a 2 500 anos atrás, estabeleceria hoje um clima propício à vegetação arbórea, se a influência do homem hodierno não trabalhasse em contrário.

É dada neste trabalho a descrição de alguns dos solos principais e tabela de comparação de 18 características médias dos solos pretos gaúchos com as dos *prairie* verdadeiros. Os gaúchos são solos do grande grupo *prairie* degradados, pois o pH é de 4½ a 6, e não de 6 a 7. A acidez trocável é de 0.2 a 1½ ME/100 g de solo sêco, enquanto nas verdadeiras *prairie* é inexistente e o teor de humo é bem mais alto. Não há camada carbonatada no horizonte B, mesmo quando a rocha é algo calcária (folhelhos permianos Irati com 3 a 5% de CaCO₃). Mas neste caso se encontram restos corroídos de concreções calcárias que estão em estado adiantado de dissolução, sem formação de sílex, o que constitui um dos indícios de laterização. Outro indício é a ausência de podzolização, a qual seria revelada facilmente pela tendência à formação de um horiz. A₂ esbranquiçado seguido por um B marrom. O teor de humo ainda se conserva relativamente alto (2-2½% C total) graças à conservação da matéria orgânica no inverno frio e no verão sêco, caso êste, em que falta no solo umidade para a atividade microbiana.

A degradação destes solos *prairie* é explicada pela mudança do clima que se teria produzido no decorrer dos últimos 1 500 a 2 500 anos, tendo se tornado mais úmido e com estiagem no verão muito mais branda. Apesar das normais atuais de chuvas de 70 a 100 mm nos meses do verão, que é muito quente, o clima ainda hoje é portador de leve estiagem de acôrdo com a fórmula racional de precipitação efetiva do A. Esta seria a razão por que as matas ainda não apareceram nas coxilhas, mesmo que não submetidas a queimadas, que são ali evitadas afim de conservar as escassas pastagens estivais. É regra geral para o mundo inteiro que o homem só queima as pastagens em climas úmidos sem estiagem no verão. Apesar de ser hoje branda a estiagem no verão, formações vegetais arbóreas não podem surgir ainda, pois as árvores são utilizadas para lenha ainda no estado de arbustos.

Delimitação provisória das regiões de terras pretas é dada sôbre o último mapa geológico do Estado. Normais climatológicas de 13 localidades e mapa climático com as áreas superúmida e úmida com estiagem no verão mostram o clima atual, cujo grau de umidade geral é traduzido por meio da precipitação efetiva calculada para o ano e para os trimestres e meses mais úmidos e mais secos. Afim de ilustrar a influência do fator altitude sôbre a localização das terras pretas e das zonas climáticas, acompanha o trabalho um esboço hipsométrico do Estado.

A existência de campos primários no platô da Serra Geral é explicada pelo caráter efusivo do basalto que contém alto teor de vidro vulcânico e possui diaclasamento horizontal, este fator impedindo a penetração do intemperismo e aquêle dificultando a decomposição da rocha. Assim, só se formaram solos de profundidade suficiente para sustentar matas, onde as lajes de rocha sofrem solução de continuidade, isto é, onde há declividades abruptas ou cursos d'água profundamente entalhados na topografia atual. Não havendo tais tipos de relêvo na planície de Uruguaiana, e sendo abundantes as lentes horizontais de arenito Botucatu silicificado, apenas havia ali poucas e estreitas matas de galeria, cujo solo é hoje dedicado à agricultura por serem escassas as terras de lavoura.

Hoje o processo diagenético, ao qual estão sendo submetidas as terras pretas gaúchas, é de laterização, pois os solos podzólicos mais próximos só se encontram na Serra Geral acima de 650 m de altitude, onde o clima é super-úmido (normais anuais, 16°C e 1 700 mm; do mês mais frio e úmido, que é junho, 11°C e 200 mm; e 21°C e 100 mm do mais sêco que geralmente varia de novembro a fevereiro).

Pedogeneticamente se trata, pois, de solos *prairie* degradados por laterização que deve ser por ora bastante fraca. Esta degradação explica o sucesso das calagens esporádicas do trigo e o aumento de eficiência dos adubos fosfóricos aplicados em seguida à cal ou ao calcário, bem como completa o panorama de solos ácidos que assim abrangem todo o Sul do Brasil.

XI. BIBLIOGRAFIA MENCIONADA

1. AUER Väinö. Nuevo método de cronologia postglacial. *Gaea*, 8 : 311-336, 21 figs. Buenos Aires, 1948.
2. BARSHAD, Isaac. A pedologic study of California prairie soils. *Soil Sci.*, 61 : 423-442, 11 tabs. e 5 figs. 1946.
3. BLUMENSTOCK, D. I., and C. W. THORNTHWAITTE. Climate and the world pattern. In *Climate and Man*, USDA Yearbook of *Agric.* 1941:98-127, 9 figs., Washington, D. C., 1941.
4. BROOKS, S. E. P., *The Evolution of Climate*. 2.^a ed., Jarrold and Sons, Norwich, Inglaterra, 1925.
5. BRYAN, Kirk. Los suelos complejos y fósiles de la altiplanicie de México, en relación a los cambios climáticos. *Bol. Soc. Geológica Mejicana*, 13 : 1-20, 3 figs., 3 quadros e 5 lâms., 1948.
6. BRYAN, Kirk, and C. C. ALBRITTON JR. Soil phenomena as evidence of climatic changes. *Amer. Journ. of Sci.*, 241 : 469-490, 1943.
7. COUSSIRAT DE ARAÚJO, L. Memória sôbre o Clima do Rio Grande do Sul. *Dir. Meteor. Min. Agric.*, 101 pp. Rio, 1930.
8. DUTRA, João. Anais do 1.^o Congr. Sul-Americano de Botânica, vol. 2, pp. 23-24. 1938.
9. FIEGER, E. A., and J. W. Hammond. Profile studies of the coastal prairie soils of Louisiana. *Soil Sci. Soc. of America, Proceedings*, 2 : 121-131, 10 tabs., 1937.
10. HARDY, Frederick. The soils of South America. *Chron. Bot.*, 7 : 211-217, mapa, 1942.
11. HUNTINGTON, Ellsworth. *Mainsprings of Civilization*. John Wiley Co. New York, 1945.
12. HUNTINGTON, Ellsworth, and Samuel S. Visher. *Climatic Changes, their Nature and Causes*. New Haven, Conn, 1922.
13. JENNY, Hans. *The Factors of Soil Formation*. McGraw-Hill Co., New York, 1941.
14. JOFFE, Jacob S.. *Pedology*. Rutgers Univ. Press, New Brunswick, N. J., 1936.

15. LEINZ, Viktor. A silicificação nos sedimentos gonduânicos no sul do Brasil e sua origem. Publ. Esp. n.º 5, 23 pp. + 15 figs. D. N. P. M., Rio, 1938.
16. LEINZ, Viktor. Problemas geológicos no Estado do Rio Grande do Sul. *Miner. e Metalurgia*, 4 : 203-206, 223, 6 figs., Rio, 1939.
17. LEINZ, Viktor, e outros. Mapa geológico Caçapava-Lavras. Bol. SIPA, n.º 90, 39 pp. 5 figs. + mapa em côres. Pôrto Alegre, 1941.
18. LEINZ, Viktor. Ocorrência de calcário no Rio Grande do Sul e prospeção da jazida de "Vacacai" no munic. de S. Gabriel. *Estudos Bras. de Geol.*, 1 : 1-46, 17 figs., 4 tabs.. Rio, Fevereiro de 1946.
19. LEINZ, Viktor. Contribuição à Geologia dos Derrames Basálticos no Sul do Brasil. Tese à cátedra de Geol. e Paleont. da Faculd. de Fil., Ciências e Letras, Univ. de S. Paulo, 1949.
20. LOOMIS, W. E. Recent climatic changes in the prairie peninsula. *Amer. Journ. of Botany*, 34 (10) : 608, 1947.
21. MARBUT, E. F. Soils of the United States. In Atlas of American Agriculture, Part. III. 1935. Washington, D. C., 1936.
22. MATTHEI, A. Die Bodengeographie von Suedamerika. *Soil Research*, 5 : 75-98. 1936/37.
23. Min. de Agric. Normais Climatológicas. 164 tabs., Rio, 1942.
24. MOHR, Wilhelm. Contribuição para o conhecimento da natureza dos portadores do poder sortivo nos solos do Est. de Rio Grande do Sul. Bol. *Sipa* n.º 148, série C., 11 pp. + 5 quadros. Pôrto Alegre, 1948.
25. MOHR, Wilhelm, Labieno Jobim e Gaspar Gomes de Freitas. Mapa edafológico da Estação Experim. Fitotéc. da Fronteira. Separ. *Anais II Congr. R. Grandense de Agron.* Pôrto Alegre, 1941.
26. OLIVEIRA, A. I. e Othon H. Leonardos. *Geologia do Brasil*. 2.ª edição, Rio de Janeiro, 1943.
27. RUSSEL, R. J. Climatic changes through the ages. In Climate and Man. USDA Yearb. of Agric. 1941 : 67-97, 1 fig. Washington, D. C., 1941.
28. SETZER, José. As características dos principais tipos de solos do Est. de S. Paulo. *Bragantia*, 1 : 255-359, 56 diags. 2 tabs. + 6 figs. Campinas, abril de 1941.
29. SETZER, José. Interpretação ecológica da temperatura. *Bol. Soc. Bras. de Agron.* 5 : 5-26, 6 tabs. 4 diags. Rio, março 1942.
30. SETZER, José. Erosão e energia do relêvo. *Rev. Bras. Geogr.* 6 : 124-127, 2 figs. Rio de Janeiro, janeiro de 1944.
31. SETZER, José. A new formula for precipitation effectiveness. *Geogr. Review*, 36 : 247-263, 3 tabs. 3 figs. 8 maps. New York, abril de 1946.
32. SETZER, José. A precipitação efetiva deduzida da lei de Van't Hoff. *Rev. Bras. Geogr.* 8 : 317-350, 6 tabs. 8 figs. e 10 mapas, Rio, julho de 1946.
33. SETZER, José. Contribuição para o Estudo do Clima do Est. de São Paulo. Edição "DER", 240 pgs., 130 tabs., 87 diags. e 23 mapas. São Paulo, julho de 1946.
34. SETZER, José. Curso de Pedologia. *Bol. Geogr.* 5 (59) : 1326-45, 6 (61) : 68-82, (63) : 290-302, (64) : 403-22, (66) : 615-22, (67) : 755-74, (69) : 955-74. Rio, fevereiro a dezembro de 1948.
35. SETZER, José. Os seis fatores da formação de solos. *Anuário Bras. de Econ. Florestal*, 2 : 427-465, 10 tabs. 2 figs. Rio, 1949.
36. USDA. Yearb. of Agriculture 1938 "Soils and Men", Washington, D. C., 1939.
37. USDA. Yearb. of Agric. 1941 "Climate and Man", Washington, D. C., 1941.
38. WALTHER, K. Estudios sobre algunos tipos de suelo climatógenos, en el Éste sudamericano, con especial referencia al Uruguay. Publicación 4, Inst. de Geol. y Perforaciones, 46 pp. 5 figs. Montevideo, 1933.
39. WALTHER, K. Notas sobre algunos "tipos" de suelo sudamericanos. *Bol. Academ. Nac. Ciencias en Córdoba*, 35 : 51-109, 9 figs. Córdoba, 1940.

RÉSUMÉ

Presque 30 mille km² de la partie sud et occidentale du "Rio Grande do Sul" présentent, en dehors des "baixadas", des sols noirs qui semblent nettement indépendants de la lithologie. C'est l'unique région du sud du Brésil où l'on peut observer des sols noirs éluviaux ayant appartenu au grand groupe de sols de prairie. Il est probable qu'ils se soient formés il y a plusieurs milliers d'années quand le climat était certainement moins humide que celui d'aujourd'hui et les étés beaucoup plus secs. Là doit se trouver aussi l'explication des champs naturels de cette région; la coïncidence de la sécheresse avec l'été détruit la végétation arbustive avant qu'elle n'ait eu le temps de produire ses semences; mais la végétation herbacée, de cycle rapide, naît et mûrit annuellement, et meurt à la fin de l'été, au moment où cesse l'approvisionnement d'eau par le sol.

L'augmentation progressive, depuis 1500 à 2500 ans, de l'humidité du climat, surtout en été, aurait fourni aujourd'hui un climat propice à la végétation arbustive si l'influence de l'homme moderne n'avait pas agi en sens contraire.

Dans le présent travail l'auteur décrit quelques uns des sols principaux, donnant le tableau de 18 caractéristiques moyennes de sols noirs du "Rio Grande do Sul" en les comparant aux vraies prairies. Les sols dégradés du "Rio Grande do Sul" appartiennent au grand groupe "prairie" puisque le pH est de 4 1/2 à 6, et non de 6 à 7. L'acidité changeable est de 0,2 à 1 1/2 ME/100g de sol sec, tandis que celle des vraies prairies est inexistente et la teneur en humus bien plus haute. Il n'y a pas de couche carbonatée dans l'horizon B, même quand la roche est plus ou moins calcaire (foielhos permians Irati avec 3 à 5 1/2 % de CaCO₃). Mais dans ce cas on rencontre des restes rongés de concrétions calcaires, dans un état avancé de dissolution, sans qu'il y ait eu formation de silice, ce qui constitue un des indices de latérisation. Un autre indice c'est l'absence de podzolisation qui serait révélée par la tendance à la formation d'un horizon A, blanchâtre suivi par un B marron. La teneur en humus se maintient relativement haute (2-2 1/2 % C. total) grâce à la conservation de la matière organique pendant l'hiver froid et l'été sec, ce qui s'explique par le manque d'humidité du sol indispensable à l'activité microbienne.

La dégradation des sols "prairie" est expliquée par le changement du climat qui aurait eu lieu pendant les derniers 1500 à 2500 ans devenant plus humide et la sécheresse d'été beaucoup plus modérée. Malgré les moyennes actuelles de pluie 70 à 100mm pendant les mois d'été, le climat même aujourd'hui possède une légère sécheresse d'accord avec la formule rationnelle de précipitation effective de l'auteur. Pour cette raison les forêts n'apparaissent pas encore sur les collines, ni même sur celles qui, pour préserver les faibles pâturages d'été, n'ont pas été soumises au régime des "queimadas" (brulages). C'est un principe général dans le monde entier, que l'homme ne brûle que les pâturages soumis à des climats humides, sans sécheresse d'été.

Aujourd'hui la sécheresse d'été est douce, mais des formations végétales arbustives ne peuvent se former parce que les arbres, encore à l'état d'arbuste, sont utilisés comme bois de chauffage.

Sur la carte géologique de l'état on a délimité, d'une manière provisoire, les régions de sols noirs. Des moyennes climatologiques de 13 localités et une carte climatique des régions super-humides avec sécheresse d'été, nous montre le climat actuel dont le degré d'humidité générale a été traduit par la précipitation effective calculée pour l'année et pour les mois plus humides et plus secs. Une esquisse hipsométrique de l'état illustre l'influence du facteur altitude sur la localisation des sols noirs.

L'existence de champs primaires sur le plateau de la "Serra Geral" est expliquée par le caractère extrusif du basalte, qui renferme une haute teneur de verre volcanique et qui présente des diaclases horizontales, le premier facteur s'opposant aux intempéries et le second retardant la décomposition des roches. Les sols de profondeur suffisante pour soutenir des forêts ne se sont formés que là où il y a des pentes raides ou des cours d'eau profondément encaissés dans la topographie actuelle. Dans la plaine de Uruguaiana, où sont abondantes les lentilles de grès horizontales de Botucatu silicifié il n'y avait que de rares et étroites forêts près des rivières. Leur sol est maintenant destiné à la culture.

Aujourd'hui le processus diagénétique, auquel les sols noirs "gauchos" sont soumis est celui de latérisation: les sols podzoliques plus rapprochés se rencontrent dans la Serra Geral au dessus de 650 m. d'altitude, où le climat est superhumide (moyennes annuelles, 16.°c et 1700 mm; du mois plus froid et humide qui est celui de juin, 11.°c et 200 mm; 21.°c et 100 mm pendant la période plus sèche allant de novembre à février).

Il s'agit donc pédogénétiquement de sols de prairie dégradés par latérisation, encore assez faible aujourd'hui. Cette dégradation explique le succès des cultures sporadiques du blé, l'efficacité croissante des engrais phosphatés appliqués après la chaux et les calcaires et complète le panorama des sols acides de tout le sud du Brésil.

RESUMEN

Casi 30 mil kilómetros cuadrados de la parte sur y occidental del Rio Grande do Sul presentan tierras negras fuera de las bajadas de manera claramente independiente de la litología. Es la única región del sur del Brasil, donde existen tierras negras eluviales que ya hicieron parte del gran grupo de suelos zonales *prairie*. Deben haber surgido hace algunos millares de años, cuando el clima era ciertamente menos húmedo que hoy, y presentaba un verano mucho más seco. Debe ser ésta también la razón de la existencia de campos naturales allá, pues las sequías estivales matan la incipiente vegetación arbórea antes que ésta produzca simientes, mientras la vegetación herbácea, de ciclo corto, brota y madura anualmente, muriendo al fin del verano, justamente cuando cesa el abastecimiento de agua por el suelo.

El aumento gradativo de la humedad del clima, principalmente en el verano, que habría empezado de 1500 a 2500 años atrás, establecería hoy un clima propicio a la vegetación arbórea, si la influencia del hombre contemporáneo no trabajara en contrario.

Se presenta en este trabajo la descripción de algunos de los suelos principales y una lista de comparación de 18 características medias de los suelos negros gauchos con las de los *prairies* verdaderos. Los suelos gauchos son del gran grupo *prairie* degradados, pues el pH es de 4 1/2 hacia 6, y no de 6 hacia 7. La acidez trocable es de 0.2 hacia 1 1/2 ME/100 g. de suelo seco, mientras que en las verdaderas *prairies* es inexistente y el tenor de humus es bien más alto. No hay capa carbonatada en el horizonte B, mismo cuando la roca es más o menos calcaire (camadas pérmicas Irati con 3 a 5% de CaCO₃). En este caso se encuentran restos corroidos de concreciones calcares que están en estado adelantado de disolución, sin formación de sílice, lo que constituye un de los indicios de laterización. Otro indicio es la ausencia de podzolización, la cual sería revelada fácilmente por la tendencia a la formación de un horizonte A, blanquecino seguido por un B marrón. El tenor de humus se mantiene aún relativamente alto (2-2 1/2% C

total) debido a la conservación de la materia orgánica en el invierno frío y en el verano seco, ocasionando ésto, falta de humedad en el suelo para la actividad microbiana.

La degradación de estos suelos *prairies* es explicada por la mudanza del clima que se tería ocurrido en el transcurrir de los últimos 1500 a 2500 años, habiendo quedado más húmedo y con estiaje en el verano mucho más blanda. A pesar de las normales actuales de lluvias de 70 a 100 mm en los meses del verano, que es muy caliente, el clima presenta hoy leve estiaje de acuerdo con la fórmula racional de precipitación efectiva del A. Ésta sería la razón según la cual los bosques aun no surgieron en las colinas, aunque no sometidas a quemadas, que son allá evitadas a fin de conservar las escasas pasturas estivales. Es regla general para el mundo que el hombre sólo quema las pasturas en climas húmedos sin estiaje en el verano. A pesar de ser hoy blando el estiaje en el verano, formaciones vegetales arbóreas no pueden surgir aún, pues los árboles son utilizados para leña aun en el estado de arbustos.

Delimitación interina de las regiones de tierras negras es dada sobre el último mapa geológico del Estado. Normales climatológicas de 13 localidades y mapa climático con las áreas super-húmedas con estiaje en el verano muestran el clima actual, cuyo grado de humedad general es traducido por medio de la precipitación efectiva calculada para el año y para los trimestres y meses más húmedos y más secos. A fin de alumbrar la influencia del factor altitud sobre la localización de las tierras negras y de las zonas climáticas, acompaña el trabajo un esbozo hipsométrico del Estado.

La existencia de campos primários en el planalto de la Sierra General es explicada por el carácter efusivo del basalto que contiene alto tenor de vidrio volcánico y posee diaclasamiento horizontal, impediendo este factor la penetración del intemperismo, y dificultando aquél, la decomposición de la roca. Así, sólo se formaron suelos de profundidad suficiente al sustento de bosques, donde las losas de roca sufren solución de continuidad, es decir, donde hay declividades abruptas o cursos de agua profundamente entallados en la topografía actual. No existiendo tales tipos de relieve en la llanura de Urugualana, y siendo abundantes las lentes horizontales de arenito Botucatu silicificado, existía allá pocos y estrechos bosques de galería, cuyo suelo es hoy empleado en la agricultura, debido a la escasez de las tierras de labranza.

Hoy el proceso diagenético, al cual están siendo sometidas las tierras negras gauchas, es de laterización, pues los suelos podzólicos más próximos sólo son encontrados en la Sierra General a más 650 m. de altitud, donde el clima es super-húmedo (normales anuales, 16°C y 1700 mm.; del mes más frío y húmedo que es junio, 11°C y 200 mm.; y 21°C y 100 mm. del más seco que generalmente varía de noviembre a febrero).

Pedogenéticamente tratase pues de suelos *prairies* degradados por laterización que debe ser aun hoy bastante debil. Esta degradación explica el suceso de la calágenes esporádicas del trigo y el aumento de eficiencia de los abonos fosfóricos aplicados después de la cal o del calcáreo, bien como completa el panorama de suelos ácidos que abarcan así todo el sur del Brasil.

RIASSUNTO

Un po' meno che 30 mila chilometri quadrati della parte centro-meridionale e occidentale del Rio Grande do Sul (regioni di Bagé e Urugualana, 29-31° latitudine Sud) sono di terre nere fuori dei piani delle vallate. Questi sono gli unici suoli eluviali del Brasile meridionale che posseggono colori così scuri con visibile indipendenza dalla specie della roccia madre. Trattasi di antichi suoli climatici del grande gruppo "prairie", degradati dovuto all'innidimento del clima, ma presentando ancora 1½-2½ di C totale, 8-12 milliequivalenti di Ca permutabile, e con 50-70% della loro capacità di scambio saturata con dei cationi metallici. Nonostante, loro degradazione é dimostrata dai valori bassi di pH, da 4½ sino 6, e da 0.2 sino 1½ milliequiv. di acidità permutabile (Al permut. estratto con del KCl normale), la quale dovrebbe essere nulla od inferiore a 0.05 millieq. se fossero dei veri suoli del gruppo "prairie". In certi punti, piuttosto pochi, dove la roccia madre contiene fino a 5% di CaCO₃ (fillade Irati, permiana), possono essere trovate concrezioni calcaree nello stato di dissoluzione così avanzato da restarne solo pochi pezzi fragili. Però queste concrezioni si trovano nella profondità esatta, in cui i veri suoli "prairie", formati da simile roccia madre, sogliono portare concrezioni dure di questo ordine.

Lo sciogliersi delle concrezioni calcaree senza segno di silicificazione, e completa assenza di qualsiasi orizzonte scolorato o grigio chiaro A_s, così come di quello bruno B, mostrano chiaramente che la presente diagenesi del suolo é verso laterizzazione piuttosto che padzolizzazione.

Nonostante abbastanza uniforme distribuzione attuale delle piogge (70-100 mm in ognuno dei mesi estivali, con temperatura media di 23-25°C; 120-140 mm al mese nell'inverno, con 12-14°C di temperat. media; 1300-1400 mm per anno, con 17-19½°C di media annua), il clima frattanto quasi porta estate secco d'accordo con la formula razionale di precipitazione effettiva dedotta dall'autore (Geogr., Rev., 36:247-263, New York, Aprile 1946).

Circa 1500 o 2500 anni fa, il clima probabilmente era meno piovoso (900-1000 mm di precipitazione annuale con le stesse temperature d'oggi), ma con estate molto più secca (forse 20-30 mm nel mese più secco e caldo), quando i suoli erano dei veri "prairie", portando corrispondente tipo di vegetazione. Nonostante il cambio del clima, foreste pre-colombiane solo crescevano lungo i fiumi e ruscelli, precisamente ove alcune ancora possono essere viste perchè scapparono ala distruzione generale. Non si trovò nessuna evidenza di foresta fuori delle vallate. Adesso gli alberi soltanto possono crescere nei campi quando inaffiati nei mesi estivali nei primi anni di vita, la quale allora risulta assicurata perchè le radici riescono a raggiungere l'umidità esistente sopra il livello acquifero. Al contrario dell'uso generalizzato nel Brasile, i campi dei suoli "prairie" degradati non sono bruciati nella primavera dovuto alla mancanza di pasto che sopravviene nel verano caldo e secco. Arbusti non riescono a crescere per la scarsità di legna per uso domestico ed industriale.

Si presentano: carta geologica dello Stato, mappa della localizzazione dei suoli "prairie" degradati, mappa delle altitudini (da 60 a 400 metri delle terre nere), mappa dei principali tipi di clima (super-umido, umido senza stagione secca, e umido con estate secca), ed anche le normali termo-pluviometriche e quelle della precipitazione effettiva per 13 città dello Stato.

L'esistenza di campi naturali sull'altipiano della Serra Geral é spiegata dal carattere effusivo del basalto che é ricco di vetro vulcanico e presenta diaclasamento orizzontale. Quest'ultima particolarità riduce la profondità della decomposizione della roccia, mentre quell'altra evita che la decomposizione sia completa. In questo modo sono formati suoli pochissimo profondi, che impediscono la formazione di foreste, nonostante l'umidità del clima che raggiunge la classificazione di super-umido. Foreste sono trovate solamente dove i letti orizzontali delle lave sono interrotti sopra i forti declivi dell'estremità meridionale ed orientale dell'altipiano, così come sul platò dove ci sono rivi d'acqua profondamente intagliati in successivi letti di lava. In ambedue i casi le diaclasi si trovano esposte alla decomposizione. Tali accidenti

topografici mancano sulla pianura rocciosa della regione di Uruguaiana, dove sono invece abbondanti delle lenti orizzontali di arenarie eoliche silicificate (Triassico). Ivi foreste di gallery erano strette e rade, e perciò i loro pochi suoli sono oggi tutti impiegati in cultivo.

L'attuale processo pedo-diagenetico delle terre nere del Rio Grande do Sul é quello di laterizzazione, la quale spiega il successo dell'applicazione di calce per grano, cosiccome l'aumento di efficienza della farina d'ossa e di altri fosfati quando usati in seguito alla calce od al carbonato calcareo.

Suoli podzolizzati furono trovati soltanto oltre 650 metri d'altitudine della parte meno umida dell'area settentrionale super-umida dello Stato, ove la media annuale é di circa 16°C, quella del mese piú freddo (Luglio) 11°C, e del piú caldo (Gennaio) 21°C. A queste normali corrispondono 1700 mm di pioggia annuale, 200 mm nel mese piú piovoso (generalmente Giugno) e 100 mm nel piú secco, che può accadere fra Novembre e Febbraio.

S U M M A R Y

Almost 30,000 sq. kms. of south-central and western Rio Grande do Sul (Bagé and Uruguaiana regions, 29 to 31° South. Latit.) is of black earths out of valley floors. These are the only eluvial soils of southern Brazil with such dark colours, which are clearly independent of the kind of parent material. They are degraded prairie soils which still bear 1½ to 2½% total C, 8 to 12 meq. exchangeable Ca, and 50 to 70% base exchange capacity saturated with metallic cations. But their degradation is shown by the low pH values, from 4½ to 6, and 0.2 to 1% meq. exchangeable acidity (exch. Al extracted with n KCl), which should be absent or not higher than 0.05 meq. in true prairies. In a few spots where parent material contains up to 5% CaCO₃ (Irati shale, Permian), corroded calcareous concretions can be found in ultimate stage of dissolution, but placed at the very depth, in which true zonal prairies, formed by such a parent material, usually bear similar hard concretions.

The dissolution of calcareous concretions without any silicifying, and complete absence of any bleached A₁ or brown B horiz. are showing that present diagenesis of the soils is toward laterization rather than podzolization.

Despite quite uniform distribution of rainfall in the present time (70 to 100 mm during each of summer months with 23 to 25°C mean temperatures, 120 to 140 mm in winter months with 12 to 14°C mean temper., and 1300 to 1400 mm yearly rainfall with 17 to 19½°C annual temper.), the climate exhibits almost dry summer according to the rational precipitation effectiveness formula deduced by the author (Geogr. Rev. 36: 247-263, Apr. 1946).

Some 1500 to 2500 years ago the climate was probably drier (900 to 1000 mm yearly rainfall, same temperatures), but with much drier summer (perhaps 20 to 30 mm monthly), when true prairie soils were formed with corresponding types of vegetation. Despite climatic change, forests only grew in pre-Columbian times along rivers and streams, where some of them can still be seen. No evidence of forest was found out of the valleys. Trees can only be grown now in the fields when watered in summers during the first years of growth, which then continues withstanding summer droughts by utilizing water table moisture. Contrary to the general behavior of the country, the fields of the degraded prairies are not burned in spring because of fear of lack of pasture during hot summers. Shrubs are not allowed to grow because of the gathering of wood for home and industrial needs.

Geologic map of the State, map of location of the degraded prairie areas, maps of elevation (60 to 400 meters in the degraded prairies) and of chief types of climate (super-humid, humid without dry season, and humid with dry summer) are given, as well as thermo-pluviometric and precipitation effectiveness normals for 13 towns of the State.

Existence of natural fields on the plateau of the Serra Geral is explained by the extrusive character of basalt which is high in volcanic glass, and exhibits horizontal diaclases. The latter feature difficultly deep weathering of the rock, and the former prevents its complete decomposition. In this way shallow soils are formed in such humid and super-humid climates, thus preventing forest formation, which is only found where the horizontal lava beds are interrupted on steep slopes of sierra rims, thus exposing the diaclases to weathering, and, on the plateaus, where there are streams deeply cut into the successive lava flows. On the Uruguaiana plain such topographic features are absent, and horizontal lenses of completely silicified triassic aeolian sandstone are very abundant, thus gallery forests were small and scanty, and now those scattered and narrow areas are used for agriculture.

The diagenetic process now going on in the degraded prairies is laterization, which explains the successful though sporadic liming of these soils for wheat, as well as the increase of efficiency of bone meal and other phosphates when applied after liming. Podzolized soils were only found above 650 meters elevation of the less humid part of the super-humid northern area of the State, where the annual mean temperatures are around 16°C, those of the coldest month 11°C, and the warmest 21°C. To the normals correspond 1700 mm annual rainfall, and 100 and 200 mm precipitation of the extreme months, the rainiest being generally June, while the driest usually varies between November and February.

Z U S A M M E N F A S S U N G

Ungefähr 30 Tausend Km² des südlichen und westlichen Teiles von *Rio Grande do Sul* bestehen aus Schwarzerde dessen Erscheinung, ausserhalb von Niederungen, deutlich von der Lithologie unabhängig ist. Es ist das einzige Gebiet Südbraziliens in dem eluviale Schwarzerden vorkommen, die Ehemals zu der grossen Gruppe der zonalen Erdböden "Prairie" zugehörten. Ihre Erscheinung stammt wohlmöglich vor Tausend von Jahren, zur Zeit in der sicher das Klima weniger feuchter und aus einen trockeren Sommer als heutzutage bestand. Diese ist auch wohlmöglich die Ursache der Anwesenheit natürlicher Grassteppen, denn die Trockenheit während des Sommers tötet die heranwachsende Baumvegetation bevor sie zur Samenverbreitung kommt, während die Grassdecke, mit einen viel kürzeren Lebenskreis, jährlich keimt und reift um dann, Ende des Sommers, abzutrocknen wann der Wasserhaushalt des Bodens ausgeht.

Die graduelle Steigerung der Feuchtigkeit, hauptsächlich im Sommer, die vor 1.500-2.000 Jahren begann, würde heutzutage der Baumvegetation ein günstiges Klima darbitten hätte der menschliche Einfluss nicht in entgegengesetzter Richtung beigetragen.

In der vorstehenden Abhandlung wird die Beschreibung einiger der wichtigsten Böden unternommen und eine vergleichende Tabelle dargestellt mit 18 Mittelwerte der südbrazilianischen Schwarzerden und einiger echten Prairie-Böden. Die südbrazilianischen Schwarzerden gehören zu der grossen Gruppe der degradierten "prairie"-Böden denn die Bodenazidität erreicht pH 4½

bis 6 und nicht 6 bis 7. Die austauschbare Azidität ist von 2.0 bis $1\frac{1}{2}$ Me/100 gr trockener Erde während in der echten "prairie" keine vorhanden ist und der Humusgehalt viel höher steht. Es besteht keine kalkhaltige Schicht im Horizont B, selbst wenn die Gesteine etwas kalkreich sind (permischer Tonschiefer von Irati mit 3 bis 5% CaCO_3). In diesem Fall aber werden verzehrte ueberreste von Kalkkrusten angetroffen, die in vorgeschrittenen Stadium der Auflösung, ohne Entstehung von Silex sind, was ein Zeichen der Laterization ist. Ein anderer Merkmal ist die Abwesenheit von einer Podzalization, die deutlich durch die Anwesenheit eines weisslichen A₁ Horizontes mit einen folgenden braunen B Horizont dargezeigt würde. Der Humusgehalt ist noch beziehungsweise hoch (2 bis $2\frac{1}{2}$ % gänzliches C) in Ursache der Erhaltung der organischen Stoffe im kalten Winter und trockenen Sommer da im letzten Fall die zur mikrobiologischen Aktivität nötliche Feuchtigkeit nicht vorhanden ist.

Die Degradation dieses "Prairie"-Boden ist durch die Umstellung des Klimas in den letzten 1.500 bis 2.500 Jahren zu erklären, mit einer Erhöhung der Feuchtigkeit und einer Einschränkung der Sommer-trockenzeit. Obwohl heutzutage die Sommermonate, die sehr warm sind, Normalen von 70 bis 100 Millimeter Regenfall darzeigen enthaltet das Klima immerhin noch eine kurze Trockenperiode in Beziehung der rationalen Berechnungsformel des effektiven Niederschlages vom Verfasser. Das würde der Grund sein weshalb der Wald nicht auf den "coxilhas" (Hügeln) erscheint, auch ohne jährliches Abbrennen, da zur Schonung der kargen Sommerweiden dieses vermiedt wird. Es ist eine allgemeine Regel in der ganzen Welt dass der Mensch nur in feuchten Klimaten, ohne Sommer-trockenzeit, die Weiden ansteckt. Obwohl die sommerliche Trockenzeit heutzutage sehr Mild ist vermögden Baumformationen sich nicht zu entwickeln weil die Bäume schon in Strauchhöhe als Brennholz verwendet werden.

Eine provisorische Delimitation der Schwarzerde-Gebiete wird auf der letzten geologischen Karte dargegeben. Klimatologische Normalen von 13 Lokalitäten und eine klimatische Karte mit den überfeuchten Arealen mit Sommer-trockenzeit zeigen das heutige Klima dessen allgemeiner Feuchtigkeitsgrad durch den effektiven Niederschlag, ausgerechnet für das ganze Jahr, für jeden Trimester und für die feuchtesten und trockensten Monaten, ausgedrückt wird. Um den Einfluss der Höhenlage auf der Verbreitung der Schwarzerde und der Klimazonen zu zeigen begleitet der Abhandlung eine hipsometrische Skizze des Staates.

Die Anwesenheit ursprünglicher Grassteppen auf den Hochplateau der *Serra Geral* ist durch den effusiven Charakter des Basaltes, der in hohen Grad vulkanisches Glass und horizontale Riese enthält, ersteres der Zersetzung des Gesteines und zweiteres die Eindringung der Verwitterung hindert, zu erklären. So sind nur Böden mit genügender Tiefe um Wald zu tragen dort entstanden wo die Steinfluren unterbrochen wurden, dass heisst wo starke Neigungen bestehen oder wo in der gegenwärtigen Oberfläche tiefeingeschnittene Flüsse vorhanden sind. Da in der Niederung von *Uruguaiana* solche Reliefscheinungen nicht vorkommen und horizontale Linsen von silifizierten Botucatú-Sandstein häufig sind, waren dort nur wenige und enge Galerienwälder vorhanden deren Boden heutzutage, in Ursache des Mangels an Ackerland, zur Landwirtschaft benutzt wird.

Heutzutage ist das diagenetische Prozess dass sich auf die südbrasilianischen Schwarzerden ausübt eine Laterization, denn die am nächstliegenden Podzoböden befinden sich nur in der *Serra Geral* in über 650 Meter Höhe, wo das Klima überfeucht ist (Jahresnormalen von 16°C und 1.700 mm; kalteste und feuchteste Monat, der Juni entspricht, mit 11°C und 200 mm, und trockenster Monat, der zwischen November und Februar schwankt, mit 21°C und 100mm).

Pedogenetisch handelt es sich also von "Prairie" Erdböden, durch Laterization degradiert, die heutzutage noch sehr schwach sein muss. Diese Degradation erklärt den Erfolg der Kalkanwendung auf die Weizernte und die bessere Wirksamkeit der Phosphordünger nach Anwendung von Kalk oder Kalkstein, und ergänzt das Panorama der sauren Erden die so das ganze Südbrasilien einfassen.

RESUMO

Preskaŭ 30 mil km² de la suda kaj okcidenta partoj de Rio Grande do Sul prezentas nigrajn terojn ekster la ebenaĵoj en maniero klare sendependa de la litologio. Ĝi estas la sola regiono en la Sudo de Brazilo, kie montriĝas eluviaj nigraj teroj, kiuj jam apartenis al la granda grupo de zonaj grundoj *prairie*. Probable ili produktiĝis antaŭ multaj miloj da jaroj, kiam la klimato estis certe malpli malseka ol hodiaŭ kaj prezentis someron multe pli sekan. Ĉi tiu devas esti ankaŭ la kialo, ke tie ekzistas naturaj kampoj, tial ke sekvetero koincidanta kun la somero mortigas la komencantan arban vegetaĵaron, antaŭ kiam ĉi tiu produktas semojn, dum la herba vegetaĵaro, kun mallonga ciklo, ĝermas kaj maturiĝas jare, kaj mortas ĉe la fino de la somero, ĝuste kiam la liverado de akvo per la grundo ĉesas.

La grada pilgrandigo de la malsekeco de la klimato, precipe en la somero, kiu verŝajne komenciĝis antaŭ 1500 ĝis 2500 jaroj, starigus hodiaŭ klimaton favoran al la arba vegetaĵaro, se la influo de la hodiaŭa homo ne agus en kontraŭa maniero.

En ĉi tiu artikolo estas farita la priskribo de kelkaj el la ĉefaj grundoj kaj estas donita la tabelo de komparo de 13 mezaj karakterizaĵoj de la nigraj grundoj de Rio Grande do Sul kun tiuj de la veraj *prairies*. La grundoj de Rio Grande do Sul apartenas al la granda grupo de degraditaj *prairies*, tial la pH estas de $4\frac{1}{2}$ ĝis 6, kaj ne de 6 ĝis 7. La interŝanĝebla acideco estas de 0.2 ĝis $1\frac{1}{2}$ ME/100 g de seka grundo, dum en la veraj *prairies* ĝi ne ekzistas, kaj la procentenhavo de humo estas multe pli alta. Ne estas karbonatita tavolo en la horizonto B, eĉ kiam la roko estas iom kalka (permiaj ŝeloj Irati kun 3 ĝis 5% de CaCO_3). Sed en tiu okazo troviĝas koroditaj restaĵoj el kalkaj ŝtoniĝaĵetoj, kiuj estas en progresinta stato de malestigo, sen formado de siliko, kio estas unu el la indicoj de laterigo. Alia indico estas la neceso de podzoloĝo, kiu estus facile konigita de la tendenco al la formado de iu horizonto A₁ duonblanka sekvata de iu B kaŝankolora. La procentenhavo de humo ankoraŭ konserviĝas rilate alta ($2-2\frac{1}{2}$ % C entute) dank'al la konservado de la organa materio en la vintro malvarma kaj en la somero seka, okaso, en kiu mankas en la grundo malsekeco por la mikroba aktiveco.

La degrado de tiuj grundoj *prairie* estas klarigata per la ŝanĝigo de la klimato, kiu laŭŝajne okazis en la daŭro de la lastaj 1500/2500 jaroj: ĝi iĝis pli malseka kaj prezentis en somero sekveteron multe pli mildan. Spite de la nunaj normaloj de pluvoj de 70/100 mm en la monatoj de somero, kiu estas tre varma, la klimato ankoraŭ hodiaŭ prezentas malgrandan sekveteron. laŭ la racia formulo de efektiva pluvfalo de la aŭtoro. Ĉi tiu estas verŝajne la kaŭzo, kial la arbaroj ankoraŭ ne aperis sur la krudaj montaroj, eĉ kiam ili ne estas submetitaj al bruladoj, kiuj tie estas evitataj, por ke konserviĝu la malabundaj someraj paŝtejoj. Estas ĝenerala regulo en la tuta mondo, ke la homo nur bruligas la somerajn paŝtejojn. Estas ĝenerala regulo por la tuta mondo, ke la homo nur bruligas la paŝtejojn en malsekaj klimatoj sen sekvetero en somero. Malgraŭ ke hodiaŭ la sekvetero en somero estas milda, arbaraj vegetaj formacioj ne povas aperi ankoraŭ, tial ke la arboj estas utiligataj por brulligno ankoraŭ kiel arboj.

Provizora limdifino de la regionoj de nigraj teroj estas donita laŭ la lasta geologia mapo de la ŝtato. Klimatologiaj normaloj de 13 lokoj kaj iu klimata mapo kun la areoj supermalsekaj

kun sekvetero en somero montras la nunan klimaton, kies grado de ĝenerala malsekeco estas estas tradukita per la efektiva pluvfalo kalkulita por la jaro kaj por la trimonatoj kaj monatoj pli malsekaj kaj pli sekaj. Por ilustrati la influon de la faktoro alteco sur la situacio de la nigraj teroj kaj de la klimataj zonoj, iu hipsometria skizo de la ŝtato akompanas la artikolon.

La ekzistado de primaraj kampoj sur la plataĵo de Serra Geral estas klarigata per la elversa karaktero de la bazalto, kiu havas altan procenton el vulkana vitro kaj horizontalan diaklazadon: ĉi tiu faktoro malhelpas la penetradon de la intemperismo kaj tiu malfaciligas la diserigon de la roko. Tiel, formiĝis nur grudoj kun profundeco sufiĉa por teni arbarojn, kie la platoj el roko estas nekontinuaĵoj, tio estas, kie ekzistas krutaj deklivoj aŭ akvofluoj profunde entranciĝintaj en la nuna topografio. Ĉar ne ekzistas tiaj tipoj de reliefo en la ebenaĵo de Uruguaiana kaj ĉar estas abundaj la horizontalaj lensoj el silikigita sabloŝtono Botucatu, ekzistis tie malmultaj kaj mallarĝaj arabaroj de galerio, kies grudo estas hodiaŭ dediĉita al la terkulturo pro la malabundeco de plugteroj.

Hodiaŭ la diagenetika procedo, al kiu estas submetataj la nigraj teroj de Rio Grande do Sul estas lateriga, ĉar la podzolikaj grundoj plej proksimaj nur troviĝas sur la Serra Geral supre de 650 m de alteco, kie la klimato estas supermalseka (jaraj normaloj, 16°C kaj 1700 mm; de la monato plej malvarma kaj malseka, kiu estas Junio, 11°C kaj 200 mm; 21°C kaj 100 mm de la plej seka, kiu ĝenerale varias de Novembro al Februaro.

Pedogenetike temas do pri grundoj *prairie* degraditaj pro lateriĝo, kiu devas esti ankoraŭ hodiaŭ sufiĉe malforta. Tiu degrado klarigas la sukceson de la sporadaj kalkigoj de la tritiko kaj la pli grandigon de la efiko de la fosforaj sterkoj aplikataj post la kalko aŭ la kalkuno, same kiel ĝi kompletigas la panoramon de acidaj grundoj, kiuj tiel entenas la tutan Sudon de Brazilo.