

Sala 5
Gab. —
Est. 56
Tab. 19
N.º 49

Sala 5
Gab. —
Est. 56
Tab. 19
N.º 49

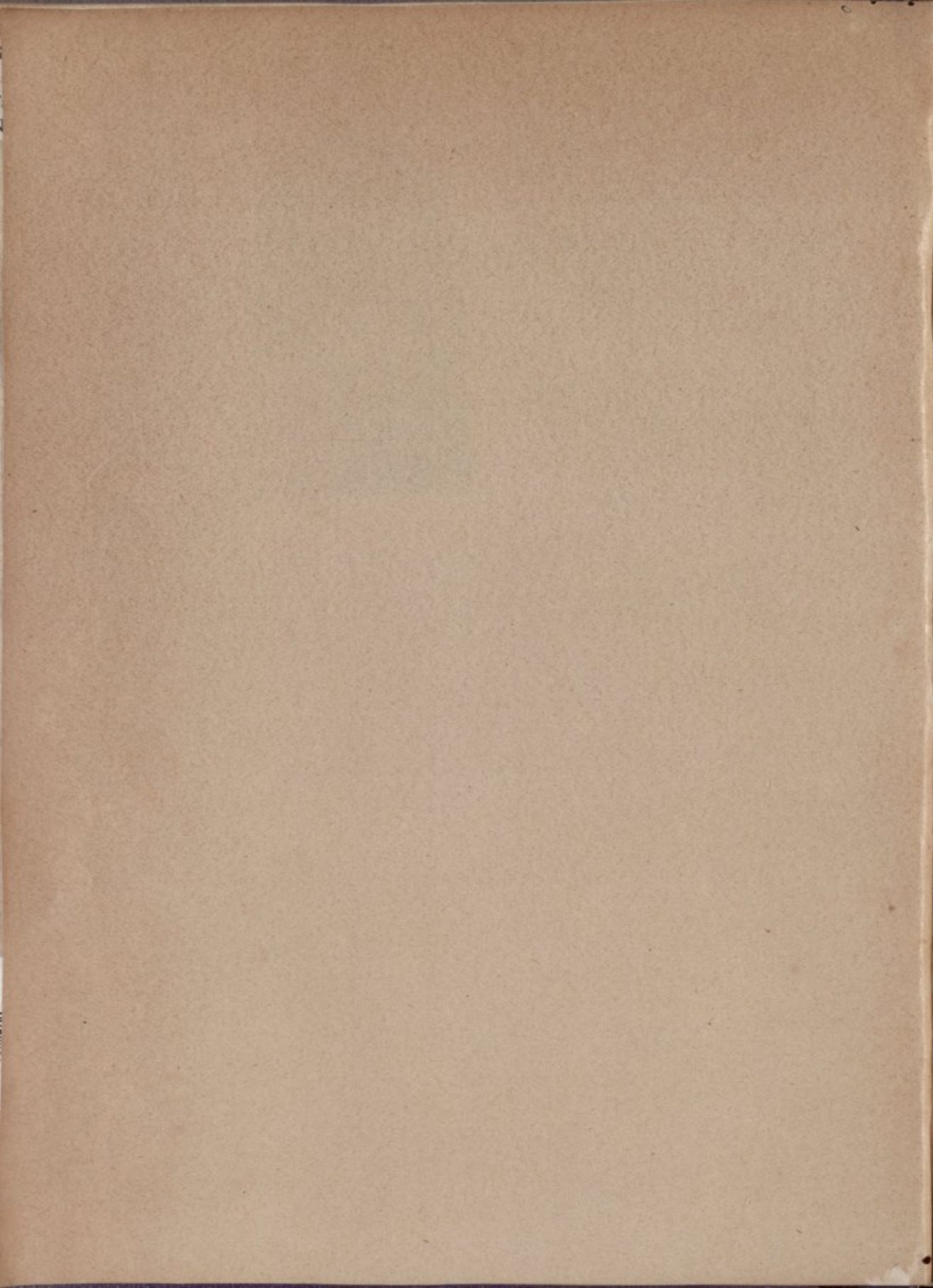


UNIVERSIDADE DE COIMBRA
Biblioteca Geral



1301088743

b 14464883



ESTUDO

SOBRE O

PERIODO GLACIARIO

ESTUDO

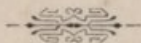
SOBRE O

PERIODO GLACIARIO

POR

FRANCISCO JOSÉ DE SOUSA GOMES

2.ª PARTE



20, MAI, 14

PORTO

TYPOGRAPHIA OCCIDENTAL

66 — Rua da Fabrica — 66

1883

PHILOSOPHY

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

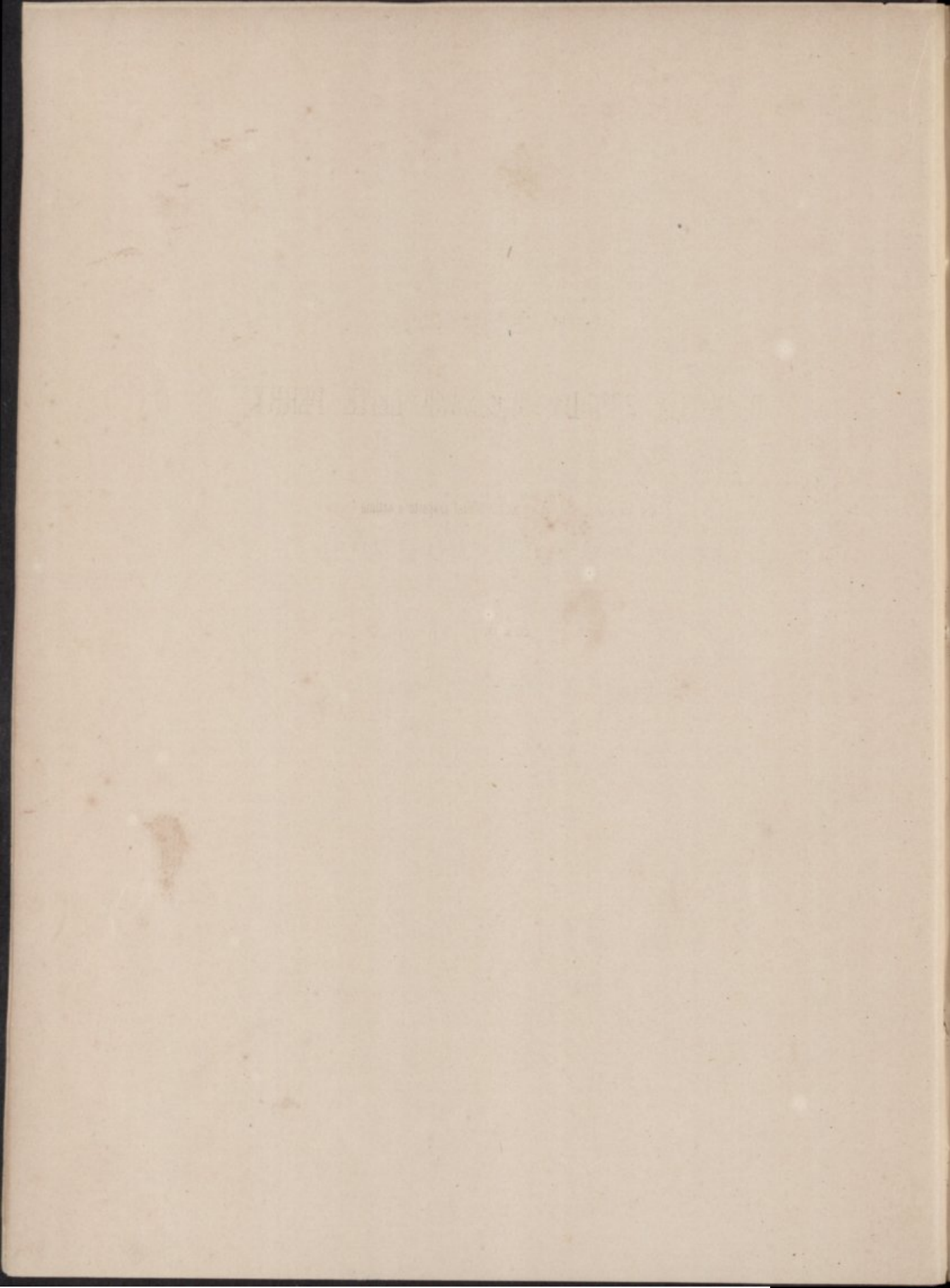
DISSERTAÇÃO DE CONCURSO

NA

FACULDADE DE PHILOSOPHIA

DA

UNIVERSIDADE DE COIMBRA



Á

EXCELLENTÍSSIMA SENHORA

D. MARIA BRIGIDA BRESSANE LEITE PERRY

Em testemunho de viva gratidão, filial respeito e estima

O. e D.

O AUCTOR.

ESTUDO

SOBRE O

PERIODO GLACIARIO

I

O Clima no Periodo Glaciario

Na primeira parte d'este estudo dissemos a grande extensão dos gelos no nosso hemispherio, nos principios da epocha quaternaria. Em presença d'esse grande desenvolvimento somos á primeira vista levados a suppôr que a existencia da vida era impossivel no periodo glaciario, mas não é duradoira esta impressão, e desaparece ao lembrarm'o-nos que paizes, que ainda hoje estão n'um periodo glaciario, como o Spitzberg, a Groenlandia, a America Boreal, possuem ainda assim uma fauna e uma flora pobre em especies mas rica em individuos: por outro lado o exame do que se passa na Suissa demonstra que uma numerosa população vive nos valles nos quaes as geleiras penetram, e todos os viajantes sem excepção admiram o numero de plantas que crescem nas proximidades das geleiras, a variedade e a vivacidade das côres das flôres que perto dos gelos desabrocham.

Um periodo glaciario não devia pois trazer como consequencia a aniquilação da vida, e não a trouxe; confirma-o a Paleontologia.

Uma idéa que é vulgar encontrar-se a respeito da epocha glaciaria é que ella foi de um frio intenso que substituiu por toda a parte uma fauna e flora arcticas,

ás especies que antes habitavam o globo, e que se viram obrigadas a procurar um refugio nas regiões equatoriaes. E' esta uma idéa erronea, que resultou de se terem generalizado demasiadamente as deducções de observações feitas nas proximidades das geleiras antigas, n'um perimetro em que ellas decididamente exerciam uma influencia preponderante. A observação conscienciosa dos phenomenos mostra á evidencia que na epocha quaternaria os gelos polares, e os gelos das montanhas tomaram um extraordinario incremento; mas é bem estabelecido, tambem, que essas geleiras apezar de monstruosas tinham uma terminação: os gelos eram, pois, um phenomeno muito desenvolvido, mas localizado; a influencia dos gelos devia, pois, exercer-se em extenso perimetro, mas ser tambem localizada, e fóra d'esse perimetro outros agentes deviam actuar poderosamente para regular o clima de então.

O estudo das geleiras actuaes que acabou de vez com tantas idéas falsas e romanescas sobre a epocha quaternaria, permite que façamos uma justa inducção sobre o clima no periodo glaciario. O frio só não produz as geleiras: é esta uma verdade proclamada pelos mais distinctos glaciaristas; a materia prima do gelo é o vapor d'agua da atmosphaera, o que presuppõe um certo grau de calor. Para que as geleiras progridam é preciso que caia muita neve nas montanhas, e que haja um grau de calor sufficiente para fundir parcialmente essa neve reduzindo-a a nevado, que se transformará em gelo e alimentará a geleira obrigando-a a avançar. E' pois, necessario que haja muita humidade na atmosphaera, e um certo grau de calor, que evidentemente não deve ser excessivo, porque em tal caso determinaria a fusão do gelo e destruiria a geleira. Portanto, o clima que mais convém para uma grande extensão das geleiras é um clima humido, com um certo grau de temperatura, um clima em que não seja grande a differença das temperaturas medias do verão e do inverno, um clima insular, igual, e não um clima continental, excessivo.

Na epocha quaternaria devemos, pois, procurar os indicios d'este estado favoravel, e por modo nenhum os de um frio excessivo. Esse se existiu, — e temos provas de na epocha quaternaria haver um periodo em que o clima era muito mais rigoroso que o actual — teve como resultado precisamente determinar a retirada das geleiras, porque o frio excessivo suppõe sempre uma grande secura do ar, diminuindo as precipitações de neve nas montanhas, e roubando o agente principal do progresso dos gelos.

A' priori vê-se, pois, que na epocha quaternaria devia haver primeiro uma epocha em que a temperatura fosse benigna, e o clima excessivamente humido, e essa seria a do augmento e extensão successiva das geleiras, e mais tarde uma outra em que a temperatura mais rigorosa, e um clima secco e desigual tiveram como resultado a retirada das geleiras.

As provas da humidade do clima nos primeiros tempos do quaternario fornece-nol-as a geologia e a paleontologia.

Se o clima, para favorecer a grande extensão das geleiras, era extremamente humido, como a humidade do ar se traduz durante o outomno e o inverno em grandes precipitações de neve nas montanhas, e de chuva nas planicies, nós devemos encontrar nas formações quaternarias as provas de um abundante regimen de aguas.

As geleiras muito extensas provam já a humidade do ar, mas fóra do perimetro das geleiras encontramos provas d'essa grande humidade, 1.º — nas alluviões, areias e cascalhos fluviateis muito desenvolvidos; 2.º — no nivel elevado a que essas formações se encontram, demonstrando que nas cheias da epocha quaternaria as aguas se erguiam a niveis bem mais altos do que nas grandes cheias actuaes; 3.º — nas fontes permanentes, de cuja abundância de aguas nos dão provas as grandes accumulações de concreções ou tufos calcareos, nos quaes se tem recolhido numerosas impressões fosseis, que nos permitem reconstituir a flora e a fauna malacologica de

então, e deduzir importantes conclusões sobre o clima das nossas regiões na epocha quaternaria.

Que os rios do quaternario eram muito maiores que os actuaes, rolando uma maior quantidade de agua, é facil concluir comparando o aparelho fluvial dos nossos valles, onde se veem poderosas massas de alluviões a niveis muito elevados, com a exiguidade relativa das correntes d'agua que n'elles hoje existem: certamente que cada valle de erosão foi excavado pelo rio que n'elle corre, mas esse rio foi outr'ora muito mais volumoso do que hoje é. E não se diga que o grande volume de aguas dos rios do quaternario era devido á fusão das geleiras de que elles nasciam, porque ainda que o argumento colhe para os rios que nasciam das geleiras, que ainda hoje são causa de grandes cheias nos rios que originam, não póde applicar-se a muitos e muitos rios que certamente não nasciam das geleiras, porque nos seus valles não se encontraram ainda vestigios glaciarios, e que todavia apresentam um desenvolvido aparelho alluvial. Por esses, pelo menos, podemos concluir que a epocha quaternaria, na occasião do grande movimento de propulsão das geleiras, gozava de um clima essencialmente humido, com grandes quedas de neve nas montanhas, e grandes precipitações aquosas fóra do perimetro que as geleiras occuparam.

Estas considerações são corroboradas pelas que se deduzem do exame dos tufos da epocha quaternaria, que nos indicam que as nascentes de então eram abundantissimas.

Com effeito os tufos calcareos estão abundantemente espalhados por extensas zonas, no sul da Allemanha onde existia o celebre túfo de Canstad; na França, onde são celebres, no norte os tufos de Celle, perto de Fontainebleau, e no sul os das Aygalades, de Meyrargues, dos Arcs, de Belgencier; na Italia onde se citam os de Massa Maritima, na Toscana, e os de Lipari; na Argelia, onde é celebre o de Tlemcen; em todos esses pontos se veem extensamente desenvolvidas as concreções calcareas, que

formam escarpas, toalhas e terrassos em completa proporção com as que as aguas actualmente depositam nos mesmos sitios. As nascentes que produziram esses tufos deviam, pois, ser muito mais abundantes do que as actuaes, o que implica que houvessem maiores infiltrações, e maior abundancia na atmosphaera, de vapor de agua que caisse em valentes precipitações de chuva.

Vê-se, pois, que na epocha quaternaria ha tres factos que se ligam e explicam pela mesma causa — grande extensão das geleiras, grande desenvolvimento dos rios, e grande abundancia das nascentes; a causa era uma unica, a grande humidade do clima, que originara, como temos dito, grandes quedas de neve nas montanhas, e grandes precipitações aquosas fóra do perimetro das geleiras.

Os tufos apresentam na sua marcha um phenomeno analogo ao da extensão das geleiras: começam no meiado do pliocene do periodo terciario, e vão tomando successivo incremento durante o quaternario, até apresentarem um maximo, seguido de uma gradual diminuição até ás modestas proposições que comparativamente o phenomeno apresenta nos nossos dias. Esta marcha e a epocha a que pertencem os differentes depositos da mesma formação tufosa, são bem estabelecidas pelas impressões fosseis, tanto de plantas, como de molluscos que nos tufos se conservam. Elles apresentam, em regra, primeiro exemplares da flora e da fauna pliocene, e depois successiva e gradualmente a fauna e flora dos differentes periodos da epocha quaternaria, e da actual.

Encontrando-se espalhados por extensas areas, fóra do perimetro das geleiras, em regiões onde viviam grandes pachydermes, e vegetavam florestas luxuriantes, são prova valiosissima de que as nossas regiões gosavam de um clima igual, humido e temperado. Nas regiões em que existiam as geleiras, ellas pelo contrario destruiam as florestas, permittiam que nas suas proximidades se desenvolvesse uma fauna e flora arcticas, e tornaram o clima muito mais frio e rigoroso.

Os tufos tem para nós grandissima importancia porque são os archivos preciosos que nos permitem reconstituir a fauna malacologica e a flora da Europa na epocha do seu deposito e dizer portanto qual era o aspecto geral da vida na epocha em que as geleiras accentuavam o seu movimento progressivo, e para d'ahi concluirmos qual era o clima dos tempos quaternarios.

Os paleontologistas estabelecem de commum accordo que foi durante a epocha terciaria que se foi accentuando a differenciação dos climas no nosso hemispherio, ficando bem nitida no fim da epocha terciaria a delimitação das zonas climatericas. Nos principios do terciario uma rica flora, analogá á flora miocene das nossas regiões, mas provavelmente mais antiga, existia nas altas latitudes do nosso hemispherio, e era sufficiente para accumular na Groenlandia espessos depositos de linhito. Essa e a nossa flora miocéne tem um caracter decididamente tropical, e no meio da vegetação d'essa epocha as fórmas vegetaes que actualmente vivem nas zonas temperadas tinham uma importancia muito restricta, quasi nulla. Na passagem do miocéne para o pliocéne a temperatura foi gradualmente baixando nos paizes temperados, passando-se, como diz Hamy, alguma coisa de semelhante no resfriamento gradual que desde o seculo XIII tem tornado inhabitaveis as costas da Groenlandia, a Islandia e o Archipelago do Nordeste. A essa modificação climaterica corresponde uma mudança accentuada na população tanto animal como vegetal, e no reino das plantas nota-se o predominio decidido que tomam as fórmas de zonas temperadas, que no fim do pliocene dominam quasi exclusivamente.

A flora de transição do pliocene para o quaternario está conservada nos depositos de *Forest-bed* de Norfolk, nos linhitos da Suissa, que alguns attribuem a uma epocha interglaciaria, e nos dos arredores de Chambéry na Saboia: por elles poderemos conhecer qual foi o clima da epocha préglaciaria, nos proprios logares que mais tarde os gelos occuparam.

A flora do *Forest-bed* é, segundo Mr. Heer, composta das seguintes especies: ¹

Pinus abies

Pinus sylvestris

Taxus baccata

Betula

Alnus

Quercus

Prunus spinosa

Menyanthes trifoliata

Nymphaea alba

Nymphaea lutea

Ceratophyllum demersum

Potamogeton

Abies pectinata

Pinus montana

Corylus avellana ovata.

Estas plantas indicam que o clima era relativamente frio; mas se attendermos por outro lado á fauna que habitava o *Forest-bed* e é composta de animaes de paizes quentes ou pelo menos temperados, concluiremos que o clima, mais frio que o do sul da Europa, era todavia isento dos grandes frios do inverno e dos grandes calores do verão; era um clima benigno, muito uniforme.

A fauna do *Forest-bed*, é composta das seguintes especies: ²

Elephas meridionalis

Elephas antiquus

Elephas primigenius

Rhinoceros Etruscus

¹ Lyell — *Antiquité de l'homme*, 2.^a edição franceza, p. 237: Mortillet — *Le Préhistorique*, p. 212.

² Lyell, loc. cit., p. 239.

Hippopotamus major
Sus scrofa
Ursus spelaeus?
Canis lupus
Equus fossilis
Bos priscus
Megacerus Hibernicus
Cervus capreolus
Cervus elaphus
Cervus tarandus
Cervus Sedgwicki
Trogontherium Cuvieri
Castor Europeus
Palaeospalax magnus
Trichecus rosmarus
Monodon monocerus
Baloeonoptera.

E' de admirar o encontrarmos na mesma formação misturadas as tres especies de elephantes que habitaram a Europa. O estudo feito sobre essas tres especies indica que ellas se seguiram e se substituiram umas ás outras. Durante o pliocene o elephante meridional teve uma grande extensão, e foi especie dominante; a mudança de condições climatericas obrigou-o a retirar-se para o sul da Europa d'onde por fim desapareceu, sendo substituido em toda a Europa pelo elephante antigo. Esta substituição do elephante antigo ao meridional marca o começo da epocha quaternaria. O successivo resfriamento determinou a extensão de uma especie melhor armada para lhe resistir; assim vemos que quando as geleiras attingiam quasi a sua maior extensão uma nova especie de elephante—o mammoth substituiu no norte e centro da Europa o elephante antigo, que todavia se conservou no sul da Europa. O maior rigor do clima determinou a extincção d'essas duas especies, e a extensão nos ultimos tempos do quaternario de uma especie capaz de soffrer os climas excessivos—a renna.

Indicada assim a successão das especies de elephantes nos ultimos periodos do terciario, e no quaternario, é evidente que deve ser anomala aquella mistura de elephantes, claramente contraria ás leis da distribuição geographica dos animaes. O elephante meridional é o que caracteriza o horisonte da *Forest-bed*, os outros dous elephantes são posteriores, e o facto de se encontrarem juntos é devido ao removimento pelas ondas dos seus respectivos depositos.

Mr. Heer estudou tambem os linhitos da Suissa, nos cantões de Zurich e de Saint Gall. Compõe-se das vinte e tres especies seguintes: ¹

- Pinus abies*
- Pinus sylvestris*
- Pinus montana*
- Pinus larix?*
- Taxus baccata*
- Betula alba*
- Quercus robur*
- Acer pseudo-platanus*
- Coryllus avellana*
- Rubus idaeus*
- Vaccinium vitis idaea?*
- Equisetum limosum*
- Holopteura Victoria*
- Menyanthes trifoliata*
- Phragmites communis,*
- Scirpus lacustris*
- Polygonum hydropiper?*
- Trapa natans?*
- Gallium palustre*
- Sphagnum cymbifolium*
- Hypnum*, 3 especies

¹ Mortillet, loc. cit., p. 215.

Estas plantas reproduzem pelo seu aspecto a flora actual dos lugares humidos do paiz. Esta flora leva-nos ás mesmas conclusões que a do *Forest-bed*, com que tem a maior similhaça, indicando-nos a humidade do clima, mais frio aqui pela visinhança das montanhas. Nos linhitos da Suissa encontraram-se restos do *Elephas antiquus*, do *Rhinoceros leptorhinus*, do *Bos primigenius*, e do *Cervus Elaphus*, além de algumas conchas de agua doce dos generos *Paludina*, *Linnea*, etc. Os linhitos da Suissa pertencendo ao horisonte do elephante antigo seriam um pouco posteriores á *Forest-bed* de Cromer.

A' mesma epocha pertencem os linhitos de Chambéry descriptos por Louis Pillet, analogos aos de Dürnten, Uznach, e de Wetzikon, da Suissa. N'elles se encontram o

Pinus abies
Betula alba
Salix repens
Salix cinerea
Buxus sempervirens:

não foram recolhidos restos de mammiferos, mas os insectos e molluscos fosseis são analogos aos dos linhitos da Suissa. A presença do *Buxus sempervirens* (buxo commum), que não se encontra na Suissa, indica uma temperatura um pouco mais elevada, para estes linhitos.

Estes depositos, repetimol-o, indicam o clima da Europa na transição do pliocéne para o quaternario, quando as geleiras tinham já de ha muito inaugurado o seu movimento progressivo, que tocou a sua maior extensão na epocha quaternaria.

Os vestigios da flora dos primeiros tempos d'essa epocha encontram-se nos tufos calcareos de Celle, de Canstad, e da Provença, que vamos agora estudar, com o fim de deduzir algumas indicações sobre o clima.

Na aldeia de Celle sur Moret, na margem direita do Senna, explorou M. Choquet uma importante formação

tufosa na qual recolheu muitos exemplares de plantas e molluscos fosseis.

As plantas, determinadas por M. de Saporta, são:

Scolopendrum officinarum
Coryllus avellana
Populus canescens
Salix cinerea
Salix fragilis
Ficus carica
Laurus canariensis
Fraxinus excelsior
Sambucus ebulus
Hedera helix
Clematis vitalba
Buxus sempervirens
Acer pseudo-platanus
Evonymus europaeus
Evonymus latifolius
Prunus mahaleb
Cercis siliquastrum.

D'entre as quaes o buxo (*buxus sempervirens*), a figueira (*ficus carica*), o evonymo de folhas largas (*evonymus latifolius*), a olaia (*cercis siliquastrum*), e o loureiro (*laurus canariensis*) são actualmente especies meridionaes. Outras plantas vivem actualmente mais ao norte, como são o freixo (*fraxinus excelsior*), o salgueiro cinzento (*salix cinerea*) e o falso sycomoro (*acer pseudo-platanus*). A co-existencia de plantas d'estas duas cathogorias na mesma localidade implica uma temperatura muito benigna, e que ao mesmo tempo era muito humida, porque o salgueiro cinzento vive exclusivamente nos logares muito humidos.

A fauna malacologica da localidade, que apresenta fosseis da *Helix limbata*, da *Cyclostoma elegans*, do *Bulimus montanus*, e da *Helix bidens*, especies que actualmente habitam muito mais ao sul, indica tambem n'aquella

latitude e n'aquella epocha uma temperatura mais benigna do que a actual. A humidade do clima é tambem indicada pelo *Bulimus montanus*, especie que teme os calores fortes e procura os logares humidos.

Em Canstad, perto de Stuttgart, no Wurtemberg, foi explorado um tufo muito importante, que todavia é mais recente do que o de Celle sur Moret, pois que n'elle se encontram restos do Mammouth (*Elephas primigenius*), que como vimos veio substituir no norte da Europa o elephante antigo. A flora fossil de Canstad é a mesma que a de Celle, menos as especies mais meridionaes (loureiro, figueira, olaia, e o evonymo). Encontrou-se porem o buxo, bem como outra especie meridional — o *Mespilus pyricantha*, que habita actualmente o meio-dia da França: encontraram-se tambem restos do *Quercus mammothis*, e do *Quercus pedunculata* que não foram descobertos no tufo de Celle.

O tufo de Canstad está como o tufo de Celle entre o 48° e 49° graus de latitude, mas mais ao norte que o de Celle; todavia o facto de o tufo ser mais boreal e mais continental do que o de Celle, não é de per si sufficiente para explicar o character mais frio que o tufo de Canstad denota; tambem deve ter influido a circumstancia d'este tufo ser mais recente, e na epocha quaternaria os climas vão sendo successivamente frios.

Estes tufos de latitudes mais boreaes são, pois, notaveis por conterem especies como o *buxus sempervirens*, o *evonymus latifolia*, o *cercis siliquastrum*, o *ficus carica*, e o *laurus canariensis*, que hoje são espontaneas sómente em latitudes mais meridionaes: nos tufos de latitudes mais ao sul encontram-se pelo contrario certas fórmas que hoje vivem mais ao norte.

São as seguintes as plantas que M. Saporta classificou n'alguns tufos do meio-dia da França: — no tufo das Aygalades, perto de Marselha, da epocha do elephante antigo:

Pinus Salzmanni

Coryllus avellana
Ficus carica
Laurus nobilis
Laurus canariensis
Viburnum tinus
Celtis australis
Crataegus oxyacantha
Sorbus domestica
Pyrus acerba
Quercus pubescens
Caris siliquastrum

— no tufo de Meyrargues, perto de Aix:

Pinus Salzmanni
Ficus carica
Laurus canariensis
Celtis australis
Rhus attinus
Clematis vitalba
Hedera helix
Vitis vinifera
Acer neapolitanum
Quercus pubescens;

— no tufo de Arcs:

Pinus Salzmanni
Salix cinerea
Laurus nobilis:

—no de Belgencier:

Coryllus,
Ulmus montana, variedade *latifolia*
Fraxinus ornus
Acer opulifolium
Tilia platyphylla.

Em Tlemcen, na Algeria, um deposito de tufo quaternario apresenta entre outras especies o *salix cinerea*, que actualmente habita os valles humidos da Suecia, e que só sporadicamente apparece no sul da França.

Vê-se, portanto que n'estes tufos meridionaes se encontram as especies

Salix cinerea
Rubus idaeus
Ulmus montana
Tilia platyphylla
Acer opulifolium
Pyrus malus

que actualmente não descem até ao 44° grau de latitude, nas planicies.

As plantas indicam, pois, n'esta primeira epocha do quaternario, uma temperatura muito benigna, e igual em toda a vasta zona, que comprehende o sul da Alemanha, a França, a Italia, a Hespanha e a Algeria.

N'ella não havia grandes calores no estio, porque especies boreaes habitavam em latitudes meridionaes, nem grandes frios no inverno, porque especies meridionaes se encontravam no estado espontaneo em latitudes elevadas: o clima era como dissemos, temperado, benigno e igual, e a egualdade do clima era provavelmente devida á muita humidade da atmosphaera, como o provam as especies que exigem um habitat muito humido e que se encontram abundantemente espalhadas na extensa area, que mencionamos.

Examinemos tambem qual era a fauna da Europa n'esta primeira parte do quaternario.

N'outro logar fallamos já da sequencia dos elephantos desde os tempos terciarios.

Vimos que ao elephante meridional, que caracteriza o periodo pliocene do terciario, se seguiu em toda a Europa o elephante antigo, que é a especie caracteristica dos primeiros tempos do quaternario, cujo clima temos

estudado. O elephante antigo estava abundantemente distribuido por toda a Europa. Habitou toda a Italia desde a Sicilia ao Piemonte, a Hespanha, a França, a Allemanha e a Inglaterra; indicamol-o nos línhitos da Suissa; em muitos tufos da França, no de Canstade, e misturado ao elephante meridional encontramol-o na Forest-bed de Cromer, na Inglaterra.

E' muito notavel a distribuição no tempo dos rhinocerontes, cada especie dos quaes é companheira inseparavel de uma especie de elephante.

No periodo pliocene o rhinoceronte etrusco (*Rhinoceros etruscus*) acompanha quasi sempre o elephante meridional: o rhinoceronte que acompanha o elephante antigo é o *R. Merckii* ou *R. leptorhinus*; veremos adiante que o mammoth era acompanhado por uma especie de rhinoceronte, tambem arctica, o *Rh. ticorhinus*. Com o elephante meridional, andava associada, além do rhinoceronte etrusco, uma especie de hippopotamo, a que Cuvier chamou—*H. major*: ao elephante antigo andava associada uma especie de hippopotamo, que se não pôde distinguir do actual *H. amphibius*. A existencia d'esta especie nos primeiros tempos do quaternario indica um clima temperado e humido, porque sabemos bem que o nosso hippopotamo foge dos calores excessivos, e procura os logares humidos.

Com estas especies de pachidermes encontramos muito espalhadas especies de carnivoros, entre os quaes são notaveis o urso das cavernas, *Ursus sepelaeus*, e uma fôrma já extincta, o *Machaerodus latidens*, grande carnivoro do grupo dos felinos, que no quaternario era representado além d'este pelo tigre e pelo leão.

Os ruminantes eram tambem muito abundantes, mas as suas fôrmas não offerecem nada de notavel. O *cervus capreolus*, animal que habita as regiões essencialmente temperadas, e que estava abundantemente espalhado, durante esta primeira parte do quaternario, pela Italia, pela França, e pela Inglaterra, prova-nos mais uma vez a benignidade do clima da parte da Europa, fôra do

perimetro das geleiras durante os primeiros tempos do periodo quaternario.

É tambem conveniente notar que desde essa epocha muitas especies tem conservado a mesma distribuição geographica. Assim em Canstad habitava o carvalho de glandes sesseis, que ainda hoje é vulgar no sul da Allemanha, ao mesmo tempo que já existia na Provença, o carvalho pubescente, que ainda hoje é especie dominante no sul da França. Os tufos quaternarios d'esta epocha, que vimos examinando, indicam-nos a existencia de dous acers, o *acer opulifolium*, e o *acer pseudoplatanus*. A distribuição d'essas duas especies era a mesma que a actual; o *acer opulifolium* é actualmente uma especie meridional, e no quaternario encontra-se na Provença e no sul da França; o *acer pseudoplatanus*, encontrava-se na Celle e em Canstad, tendo um habitat mais boreal, como ainda hoje tem.

Esta distribuição analoga das especies no quaternario e na epocha actual, conservando-se a mesma durante a longa serie de seculos que deve ter decorrido entre estas epochas citadas, protesta altamente contra a opinião de uma revolução climaterica, que nos ultimos tempos da vida do globo, tivesse influido nas especies que o habitaram. Esta opinião já a ennuuciava Lartet em 1855, quando perante a Academia das Sciencias de Paris, dizia, que a manutenção de milhares de especies de plantas e de moluscos os mais frageis, através dos tempos quaternarios, demonstra que é absurda a supposição de uma crise, e que o clima não devia ser muito differente do nosso.

A epocha seguinte dos tempos quaternarios é caracterisada pela predominancia do mammoth do norte e centro da Europa, o qual expulsou para o sul o seu predecessor — o elephante antigo — que como dissemos é a especie caracteristica da primeira epocha do periodo quaternario.

O exame da flora e da fauna fossil d'esta epocha de-

monstra que o clima, conservando-se ainda muito humido, se tornou mais frio do que na epocha anterior: a primeira epocha — a do elephante antigo — deveu, pois, corresponder á do grande movimento progressivo das geleiras, que attingiram a sua maior extensão durante a epocha do mammoth, e assim se conservaram estacionarias, durante muitos seculos, até que inauguraram o seu movimento de retrocesso quando o clima se tornou mais secco e mais excessivo, e que lhes faltou a humidade atmospherica, condição *sine qua non* da sua extensão e conservação.

São muito vulgares os depositos que mostram a transição entre esta epocha e a anterior; mas não examinaremos senão os que definitivamente pertencem a esta epocha, porque conhecidos esses é bem facil imaginar como os factos se deram, visto que sabemos que as transições se fizeram muito lentamente.

Os documentos da flora fossil d'esta epocha encontramol-os nos tufos de Resson, no departamento do Aube, e nos linhitos de Jarville, perto de Nancy, na via ferrea de Paris a Strasburgo. Nos tufos de Resson encontraram-se as seguintes especies: ¹

- Tillia platyphyla*
- Fagus sylvatica*
- Betula verrucosa* (?)
- Populus tremula*
- Salix cinerea*
- Salix purpurea*
- Hedera helix*
- Scolopendrum officinarum*
- Chara foetida*
- Typha*
- Phragmites communis*
- Brium birnum*.

¹ Mortillet — *Le préhistorique*, p. 337.

E' facil de vêr que esta associação é totalmente diferente da que vimos nos tufos e depositos da epocha do elephante antigo. Indica um clima humido, mas mais frio do que o da epocha anterior, visto que faltam as especies dos climas quentes.

Acompanhavam estas plantas muitas conchas de molluscos terrestres e de agua doce, entre as quaes é sobretudo interessante a *Helix fruticum*, porque demonstra bem a humidade do clima.

Nos linhitos de Jarville recolheram-se as seguintes especies :

Rubus

Synantherea, especie indeterminavel

Betula (pubescens?)

Alnus viridus

Elyna spicata

Cyperacea, indeterminavel

Pinus montana

Pinus obovata

Larix europaea

Picea excelsa

Juniperus

Taxus

Hylocomium splendens.

Estas especies representam a vegetação actual das florestas das altas latitudes, ou das grandes altitudes nas nossas zonas. Com ellas se recolheram tambem as seguintes especies de insectos, proprias de paizes septentrionaes, e de regiões humidas :

Agonum gracile

Bembidium nitidulum

Bembidium obtusum

Um outro *bembidium*

Patrobus excavatus

Mononychus pseudoacori.

O exame da flora leva-nos pois a concluir que nas nossas latitudes o clima era mais rigoroso que o actual, e muito humido; o rigor do clima não era, porém, excessivo, e vamos vêr a confirmação d'isto no estudo da fauna dos mammiferos d'esta epocha.

A fauna dos mammiferos da epocha do mammoth, é representada pelas seguintes trinta e duas especies :

- Elephas primigenius*, (mammoth)
Rhinoceros tichorhinus
Equus caballus
Equus asinus
Sus scrofa
Cervus elaphus
Cervus canadensis
Cervus megaceros ou *megaceros hybernicus*
Cervus tarandus, ou *tarandus rangifera* (renna, relativamente rara)
Capra ibex
Ocibos moschatus
Taurus primigenius
Bison priscus ou *europæus*
Ursus sepelaeus
Ursus priscus ou *Ursus ferox*
Meles taxus
Canis lupus
Canis vulpes
Gulo borealis
Mustela martes ou *fouina*
Mustela vulgaris
Hyena sepelaea
Hyena crocuta
Felix leo
Felix pardus
Arctomys marmotta
Castor fiber
Lepus variabilis
Lepus timidus

Lepus canicalus
Cricetus frumentarius
Lagomys alpinus.

Examinando a distribuição actual d'esta fauna, vemos:

1.º Que quatro especies são extinctas, a saber — o mammoth, o *rhinoceros tichorhinus*, o *megaceros* e o grande urso das cavernas (*ursus sepelaeus*).

2.º Tres especies vivem actualmente em latitudes mais meridionaes — o leão, a hyena e o leopardo.

3.º Tres especies retiraram para as mais altas regiões das montanhas, procurando ahi um clima mais frio que o nosso — são: a cabra montez (*capra ibex*), a marmota (*arctomys marmotta*) e a lebre branca (*lepus variabilis*).

4.º Septe especies emigraram para o norte procurando nas altas latitudes um clima mais frio, são — o cervo de Canadá (*C. canadensis*), a renna, o boi almiscarado (*ovibos moschatus*), o urso pardo (*U. priscus*), o *gulo borealis*, o hamster (*Cricetus fumentarius*) e o lagomys (*L. alpinus*).

5.º As outras especies habitam ainda hoje as mesmas localidades.

Duas das especies extinctas, apesar de os seus congeneres existirem hoje sómente em latitudes muito meridionaes, estavam organisadas para viverem nas regiões do norte e supportarem os rigores do clima. O mammoth e o rhinoceronte *tichorhinus*, seu inseparavel companheiro, eram especies arcticas, como ficou bem assente pela descoberta de cadaveres inteiros, conservados no gelo, e que mostraram que estes animaes eram providos de abundante pelagem. As outras duas especies extinctas, o *megaceros* e o urso das cavernas eram tambem especies boreaes, ainda que o urso das cavernas se estendeu muito mais para o sul do que o mammoth e o rhinoceronte *tichorhinus*. E' tambem para notar-se que as tres especies que emigraram para o sul, não tem um

habitat constantemente tropical, e tem-se encontrado em regiões onde o frio é bastante intenso.

Da associação da fauna que caracteriza a epocha do mammoth, e em que se veem quatorze especies de habitat frio, devemos concluir que o clima da epocha que vamos estudando era muito mais rigoroso do que o actual nas nossas regiões. Notemos todavia que conjunctamente com as especies arcticas citadas viriam grande numero de outras que ainda hoje estão distribuidas de modo equal, e que supportavam perfeitamente o clima de então, o que prova que o rigor do clima não era excessivo.

Vê-se do que deixamos dicto qual devia ser o aspecto da Europa n'estes primeiros tempos quaternarios. As geleiras occupam vasto espaço ao norte e no centro, mas o sul e o oeste está quasi livre de gelos.

Esse espaço livre é occupado por grandes florestas e campinas, e povoado de numerosos animaes. O clima é equal e temperado sem grandes frios de inverno e grandes calores de verão; era muito humido. Mas no perimetro das geleiras, e principalmente nas proximidades das enormes massas de gelo, que occupavam o norte e o centro da Europa, a vegetação e a fauna tomavam um character decididamente arctico: era nas proximidades das geleiras que habitavam e eram extremamente numerosos esses animaes que hoje vivem em regiões mais frias — a camurça, o boi almiscarado, a saiga e a renna, que no inverno sahiam das proximidades das geleiras, a procurar ao longe os alimentos que alli escasseavam.

O sr. Stoppani no seu *Corso di Geologia*, chama a attenção dos geologos para os depositos dos lagos glaciaes, que deviam ser muito numerosos na epocha glaciaria, e que devem conter documentos importantissimos para o estudo da fauna da epocha glaciaria. Cita alguns d'esses depositos, formados pelos lagos das antigas geleiras da Lombardia e nas quaes já se tem recolhido importantes documentos para a reconstrução da fauna e da flora d'esses tempos. Então como hoje, mesmo nas proximidades das geleiras existia numerosa população animal e

vegetal, a quem a proximidade dos gelos não impedia de viver e prosperar.

E' de desejar que se procurem e se explorem os depositos de lagos glaciarios da outra vertente dos Alpes, para se poder com desassombro tirar conclusões acertadas, visto que a posição especial da Italia, separada do resto da Europa pela cordilheira dos Alpes, impediu de certo que na proximidade das geleiras lombardas se desenvolvessem e acantonassem numerosas especies que ahi decerto prosperariam.

Os principaes depositos lacustre-glaciarios estudados por Stoppani são os do systema glaciario do lago Iseo. A flora descoberta consta na generalidade de especies vivas; no deposito de Val Borlezza, por exemplo, foram recolhidos exemplares fosseis de

Magnolia
Acer pseudoplatanus
Buxus sempervirens
Ulmus campestris
Taxus baccata
Phacidium buxi, etc.

Com estas plantas foram recolhidos restos do *Elephas antiquus* e do *Rhinoceros Merkii*, seu companheiro habitual.

Stoppani attribue tambem uma origem glaciaria, e portanto grande importancia á fauna e flora ahi recolhidas, aos linhitos da bacia de Leffe, e ao deposito de Val d'Arno, em que se encontraram misturados restos de elephante meridional, com os do elephante antigo, o que indica que o deposito citado pertence a dois horisontes geologicos, dos quaes o segundo é da epocha de maior extensão das geleiras.

Na epocha seguinte dos tempos quaternarios tudo nos indica uma diminuição da humidade athmospherica, e augmento do frio.

Os tufos calcareos vão successivamente diminuindo,

até reduzir-se ás modestas proporções que em nossos dias apresentam. As plantas que n'elles se fossilaram vão sendo cada vez menos numerosas, e indicando um clima mais rigoroso: assim na estação turfosa de Schussenried recolheram-se duas ou tres especies de musgos perfeitamente boreaes — o *Hypnum diluvii*, raça ou variedade do *H. sarmentosum*, que hoje habita a Suecia, a Noruega, a Laponia, a Groenlandia e o Labrador; e o *Hypnum aduncum*, *V. groenlandicum*, de que o nome indica sufficientemente o habitat polar.

Concomitantemente com a diminuição dos tufos calcareos, temos a assignalar a diminuição progressiva das geleiras: algumas estações humanas, d'esta epocha, foram descobertas no leito de antigas geleiras. Um outro phenomeno que acompanha os dous citados e se filia nas mesmas causas é a diminuição dos grandes pachidermes — o mammoth e o rhinoceronte tichorinus, vulgares no principio d'esta epocha, escasseam rapidamente e extinguem-se, sendo substituidos por especies de paizes muito frios, principalmente pela renna que é a especie dominante e característica dos ultimos tempos do quaternario.

A extincção dos grandes pachydermes deve principalmente ter tido por causa, a diminuição dos recursos alimentares, produsida pelo augmento do frio e da secura do ar. A fauna d'esta epocha dá-nos a medida do rigor do clima. As especies de mamíferos que existiam n'esta epocha, eram proximamente cincoenta e nove, que se acham distribuidas do modo seguinte: ¹

Especies extinctas	4
Especies que habitam nos mesmos logares	31
Especies actuaes duvidosas	3
Especies que emigraram para o sul	3
Especies que emigraram para as montanhas	5
Especies que emigraram para o norte	13

¹ Mortillet — Loc. cit. — p. 463.

Os typos extinctos são o mammoth, a grande marmotta, a *capra primigenia*, e o urus, extincto já nos tempos historicos.

As tres especies que emigraram para o sul — o leão, o leopardo e a hyena, não temem o frio, como já n'outra parte dissemos. As outras especies que emigraram procurando regiões frias, são as que nos dão medida do rigor do clima n'essa epocha, que já se avaliou comparando-a com uma região do globo em que actualmente ha proximamente a mesma associação de especies, e que gosa de uma temperatura media 4°,1, descendo no inverno o thermometro a - 40°, e marcando nos grandes calores 36°. E' a região asiatica do rio Amor, entre 45 e 55 graus de latitude.

Em conclusão, a temperatura dos tempos quaternarios, moderada a principio foi baixando successivamente até ao fim da epocha; o clima, muito humido a principio, tornou-se mais tarde excessivamente secco, e de igual e quasi insular, tornou-se desigual, rigoroso e excessivo.

A grande extensão das geleiras deu-se nos primeiros tempos da epocha quaternaria, quando o clima era temperado e humido; as geleiras diminuíram desde que o clima se tornou secco e excessivo; então os grandes calores de estio fundiam grande quantidade de gelo, e no inverno não cahia neve sufficiente para compensar a perda soffrida no estio.

Nos tempos modernos deu-se uma marcha inversa na temperatura das nossas regiões, que pouco a pouco chegaram a ter o clima de que gosam actualmente.

II

Causas do Periodo Glaciario

As condições climatericas de um logar são dependentes de factores muito variados, que todavia se podem reunir em dous grupos, e d'ahi, portanto, dous grupos de causas que podem influir no clima da terra.

No primeiro collocam-se as diversas influencias que dependem da posição da terra na sua orbita, cujos elementos, como os das orbitas dos outros planetas do systema solar, são todos variaveis, com excepção do eixo maximo, de cuja estabilidade depende a do nosso systema planetario: são estas as chamadas *causas astronomicas*: no segundo grupo collocam-se as *causas physicas ou geographicas*, que determinam a distribuição real do calor sobre a terra, modificando a que existiria se as causas astronomicas fossem as unicas a actuar.

N'este capitulo propomo-nos examinar quaes deviam ser as circumstancias, tanto astronomicas como geographicas, para que a terra podesse ter um periodo glaciario, problema na realidade difficil, porque n'elle se reu-nem todas as incertezas da meteorologia e da geologia.

Para explicar o periodo glaciario tem-se por vezes lançado mão de algumas hypotheses astronomicas, como a da variação da temperatura do espaço, e a da variação

dos polos da ecliptica. A primeira foi proposta por Poisson, fundando-se nas observações de Herschell, que admitia que o nosso systema planetario é dotado de um movimento de translação para a constellação de Hercules. Poisson suppunha que n'este movimento de translação o nosso planeta poderia ter atravessado regiões do espaço com temperaturas muito baixas, e ter-se assim dado na terra um ou mais periodos glaciarios.

Esta theoria não merece consideração porque é uma hypothese gratuita, fundada na probabilidade de um movimento que segundo os astrónomos modernos carece de demonstração.

Egual observação fazemos a respeito da segunda theoria, que exigiria para que a variação nos polos da ecliptica podesse ter logar, que o nosso globo soffresse uma grande deformação, verdadeiramente inadmissivel.

As verdadeiras causas astronomicas que podem influir sobre o clima da terra, são em realidade tres: a variação da excentricidade da orbita da terra, a precessão dos equinoxios combinada com o movimento da linha dos apsidés, e a variação da obliquidade da ecliptica, e é d'ellas que vamos agora occupar-nos.

A orbita da terra é, como a de todos os planetas do nosso systema solar, uma ellipse de que o sol occupa um dos fócios.

Essa ellipse é chamada ecliptica, e é percorrida pela terra n'um anno: as estações são a consequencia d'este movimento de translação, e, como se sabe, na mesma occasião as estações são oppostas nos dous hemispherios do nosso globo.

A ecliptica é dividida em duas partes deseguaes pela linha dos equinoxios, intersecção do plano do equador com o da ecliptica: d'aquí a divisão do anno em dous periodos deseguaes — a estação quente e a estação fria, cada uma das quaes dura seis mezes.

A linha que une a terra ao sol — linha dos solsti-

cios — subdivide os dous segmentos da ecliptica, em dous quartos deseguaes, ficando subdivididas correspondentemente a estação quente em primavera e estio, e a estação fria em outomno e inverno.

Dissemos que todos os elementos da orbita da terra, com excepção do eixo maior, cujas extremidades são o aphelio e o perihelio, eram variaveis; varia, portanto, o eixo menor e com elle a excentricidade da ecliptica; mas imaginemos por um pouco que o movimento da terra se conserva no estado actual, que os elementos da orbita, cuja excentricidade é actualmente de 0,00164 (em fracções do seu eixo maior) se conservam constantes, e vejamos como variará a temperatura do nosso hemispherio.

Dos dous segmentos deseguaes em que a linha dos equinoxios divide a ecliptica, o maior é actualmente percorrido pela terra durante a estação quente (primavera e estio) do nosso hemispherio.

Como as quantidades de calor que os planetas recebem do sol, são independentes da excentricidade das orbitas, e dependem sómente dos angulos descriptos, de modo que a angulos eguaes correspondem quantidades de calor recebidas eguaes, a terra receberá do sol a mesma quantidade de calor em quanto percorrer qualquer dos dous segmentos deseguaes da sua orbita, isto é, desde o equinoxio da primavera ao equinoxio do outomno a quantidade de calor recebida é a mesma que desde o equinoxio do outomno ao da primavera. Ainda que á primeira vista isto parece paradoxal, por a terra estar mais perto do sol emquanto percorre o segmento menor, a duvida desapparece se attendermos a que a velocidade com que esse segmento é percorrido é maior, de modo que o segmento maior é percorrido durante um tempo mais longo, fazendo-se assim a compensação exacta.

Em virtude das quantidades de calor recebido do sol a temperatura dos dous hemispherios terrestres devia, pois, ser perfeitamente egual, mas essa temperatura não depende só do calor recebido, depende tambem do calor

conservado, e n'isso tem uma grande influencia a forma elliptica da orbita terrestre.

Os dous segmentos da ellipse são percorridos em tempos deseguaes, e no estado actual a terra gasta a percorrer o maior segmento da orbita (primavera e estio do nosso hemispherio)—4475 horas, em quanto o menor segmento da orbita (outomno e inverno do nosso hemispherio) é percorrido sómente em 4290 horas, o que dá a favor do nosso hemispherio 185 horas de dia, ou de aquecimento, e para o outro hemispherio 185 horas a mais de resfriamento. O hemispherio boreal recebe, pois, a mesma quantidade de calor que o hemispherio austral, mas este perde uma maior quantidade de calor porque arrefece durante mais tempo, devendo portanto ter uma temperatura menor.

Introduzamos agora a condição de variar a excentricidade da orbita.

Essa variação dá-se entre limites relativamente estreitos e n'um lapso de tempo bastante longo, além d'isso a variação é muito irregular.

A excentricidade da orbita terrestre varia com effeito, de um modo muito irregular, entre 0,0102, e 0,077, durante periodos proximamente de 100:000 annos. Com a excentricidade da orbita varia tambem o eixo menor da ellipse que os planetas descrevem, de modo que o eixo menor da ecliptica varia entre um maximo de 147.042:794 kilometros e um minimo de 146.630:669 kil.

Estas variações influem de dois modos sobre a temperatura do globo.

Em primeiro logar a quantidade de calor recebida por um planeta varia na rasão inversa da excentricidade da sua orbita, pelo que a terra receberá do sol uma quantidade maxima de calor exactamente quando fôr minima a sua excentricidade. Esta causa de variação da quantidade de calor recebido é porém insignificante e poderia augmentar ou diminuir de 3º centigrados, quando muito, a temperatura de cada logar do globo. E' mais importante a influencia da variação da excentricidade, por ter como

resultado attenuar ou exagerar as differenças de temperatura dos dous hemispherios do nosso globo. Como dissemos são sempre eguaes as quantidades de calor recebidas por cada hemispherio da terra, qualquer que seja a excentricidade da orbita; mas varia com a excentricidade a quantidade de calor conservado: nas actuaes condições o hemispherio boreal (cujo estio tem logar no aphelio) tem mais 185 horas de dia que o hemispherio austral, o que dá proximamente 8 dias de aquecimento para o nosso hemispherio: variando a excentricidade, a differença entre os dias de verão e os de inverno em cada hemispherio poderá descer até um minimo de $1^d,3$ na minima excentricidade, ou subir até $36^d,9$ na maxima excentricidade. N'estas condições a differença entre as temperaturas de verão ou de inverno nos dous hemispherios pôde ser muito pequena ou muito consideravel, e será sempre a favor d'aquelle dos dous hemispherios cujo estio tiver logar em aphelio, como agora succede para o hemispherio que habitamos.

Chama-se precessão dos equinoxios o movimento extremamente lento em virtude do qual o eixo da terra é obrigado a descrever uma superficie conica em torno do eixo da ecliptica. N'este movimento o eixo da terra é acompanhado pela linha dos equinoxios, que lhe é constantemente perpendicular e que se move de modo que quando o eixo da terra tiver feito uma revolução completa, os pontos equatoriaes terão occupado successivamente todos os pontos da orbita.

Estes dous movimentos executam-se n'um periodo de 25:764 annos, de modo que, como resultado d'elle, no fim de 12:882 annos as estações para cada hemispherio estarão precisamente invertidas. Se attendermos a um outro movimento—o da linha dos apsides—teremos de modificar não esta conclusão, mas o periodo que acima assignamos para ella. A orbita da terra move-se sobre si mesma de modo que o seu eixo maior (linha dos apsides) vae variando de posição, e marchando de encontro

aos pontos equinoxiaes. Uma revolução completa da linha dos apsides far-se-hia n'um periodo de 108:000. Combinando os dous movimentos o effeito é que a revolução das estações, que em virtude da precessão dos equinoxios devia ter logar em 25:766 annos, terá logar sómente n'um periodo de 21:000, de modo que no fim de periodos de 10:500 annos, as estações de cada hemispherio estarão invertidas.

Portanto, em virtude da excentricidade da orbita da terra, será mais frio o hemispherio cujo inverno tiver logar em aphelio, podendo a differença de temperatura ser muito consideravel quando a excentricidade fôr maxima: em virtude da precessão dos equinoxios, as condições referidas dar-se-hão alternativamente em cada um dos hemispherios da terra, porque uma excentricidade maxima conserva-se durante um tempo sufficientemente longo para comprehender um ou mais periodos de precessão dos equinoxios.

A obliquidade da ecliptica sobre o equador não é constante: actualmente é de $23^{\circ}27'30''$, mas oscilla entre um maximo de 28° e um minimo de 21° . Esta variação da obliquidade da ecliptica tem uma certa influencia sobre a climatologia do nosso planeta. Com effeito, na maior obliquidade o sol achando-se mais proximo de cada um dos polos lhe mandará uma maior quantidade de calor, que decrescerá á medida que a obliquidade diminuir. O effeito d'esta variação não é muito grande, e calcula-se que não terá como resultado augmentar ou diminuir de mais de tres ou quatro graus a temperatura de cada um dos hemispherios. A variação da obliquidade da ecliptica dará em resultado uma aproximação ou um afastamento do equador das linhas inthermes, mas essa variação das isothermes não é muito extensa: para dar a medida da influencia da variação da obliquidade da ecliptica sobre o clima diz o snr. Lourenço Malheiro ¹ que abstrahindo das

¹ *Revista de Obras Publicas e Minas* — n.º de Julho de 1873, p. 278.

influencias orographicas a extremidade sul de Portugal passaria a ter o clima do extremo norte ou vice-versa.

Esta influencia não teria, portanto, outro effeito mais do que augmentar ou diminuir muito pouco as influencias das outras causas já estudadas.

Em que condições seriam as causas que acabamos de estudar favoraveis á producção de um ou mais periodos glaciarios? Como estabelecemos no 1.º cap. d'este trabalho, no periodo glaciario deveria haver muita humidade atmospherica com uma temperatura bastante baixa tanto nas altas latitudes como nas grandes altitudes, para que essa humidade se precipitasse ahi debaixo da fórma de neves. Ora o hemispherio cujo inverno tivesse logar em aphelio estaria durante um periodo de grande excentricidade em condições muito favoraveis para essa grande extensão dos gelos.

Esse hemispherio teria estios curtos mas muito quentes, nos quaes deveria ser muito activa a evaporação das aguas terrestres, de modo a accumular-se na atmospherica uma grande quantidade de vapor d'agua; o grande resfriamento do inverno determinaria a precipitação d'esse vapor d'agua, em forma de neve, por toda a parte em que existisse um condensador, isto é, nas altas latitudes ou nas grandes altitudes. A brevidade dos estios não permittiria a fusão total dos gelos produzidos no inverno, de modo que por estas duas causas — grande precipitação de neve, e fusão incompleta dos gelos, durante largos annos os gelos de um hemispherio iriam successivamente augmentando.

A precessão dos equinoxios, determinando a inversão das estações, produziria alternativamente um periodo glaciario n'um e n'outro hemispherio.

Não se pode duvidar da influencia combinada da variação da excentricidade da orbita da terra e da precessão dos equinoxios na producção do periodo glaciario que determinou a grande extensão dos gelos polares e

das geleiras das montanhas nos primeiros tempos da epocha quaternaria. A grande extensão das geleiras da Scandinavia, da Grã-Bretanha e da America do Norte; a enorme extensão das geleiras alpinas, a producção de geleiras em latitudes bastante baixas como a de Portugal, a do Libano, a das montanhas da India, indica a necessidade de uma causa poderosa e geral, para produzir um phenomeno tão intenso e generalizado. N'uma excentricidade maxima, coincidindo com o inverno do nosso hemispherio em aphelio, concorrem todos os indicios de que seria essa causa geral.

Longe de nós suppor que fosse porem uma causa unica; mostraremos brevemente a muita e decidida importancia das causas geographicas, mas o que queremos assentar é que as causas astronomicas tiveram uma poderosa influencia na producção do periodo glaciario.

Ainda hoje na climatologia do globo têm ellas uma grande influencia.

Deduzimos da consideração da actual excentricidade da orbita da terra, nas condições de precessão do nosso hemispherio, que visto que o hemispherio sul tinha a mais que o boreal 185 horas de resfriamento, a temperatura media devia ser menor no hemispherio sul do que as do norte.

O calculo mostra que a differença deve ser proximamente de 6° centigrados.

Esta deducção theorica é brilhantemente confirmada pela observação.

São com effeito abundantissimas as provas de que o hemispherio austral é mais frio do que o boreal.

Bastará citar a maior extensão dos gelos antarcticos; as latitudes muito mais baixas a que chegam no hemispherio sul os gelos fluctuantes, comparativamente ao que succede no hemispherio boreal; as maiores dimensões dos ice-bergs; a grande extensão das geleiras das montanhas que na Nova Zelandia e no Chili vão quasi até ao nivel do mar; o facto de as temperaturas medias serem no hemispherio sul mais baixas que as latitudes corres-

pondentes do hemispherio norte; a inflexão para o norte das linhas isothermes, por exemplo — o equador thermico occupa 280° no hemispherio norte e só 80° no hemispherio sul; emfim numerosas observações de Mühry sobre a distribuição do calor á superficie do globo, que mostram bem a menor temperatura do hemispherio austral.

No anno de 1248 os solsticios coincidiram com o perihelio e o aphelio, o estio do hemispherio norte tendo lugar no aphelio, e o seu inverno em perihelio.

Desde esse anno para cá tem decorrido mais de seis seculos, durante os quaes o hemispherio norte se tem encaminhado para ter o inverno em aphelio, succedendo o contrario ao hemispherio sul. Podemos, pois, prever que o hemispherio norte deve ter ido successivamente resfriando, ao passo que a temperatura do hemispherio sul deve ter ido gradualmente aquecendo. Seis seculos não são sufficientes para produzirem a egualação das temperaturas, e o hemispherio sul é ainda o mais frio, como já vimos; mas bom numero de observações attestam o resfriamento gradual do hemispherio norte e algumas ha em abono do augmento de temperatura do hemispherio sul, o que vem confirmar que as causas astronomicas tem decididamente influencia sobre os climas do globo terrestre, e que levam a convicção que em circumstancias mais favoraveis essa influencia devia ter sido mais accentuada.

Todavia as causas astronomicas não são as unicas que actuam na distribuição do calor sobre o globo; em tal caso as linhas isothermes confundir-se-hiam com os parallellos geographicos o que sabemos que não succede. Além da latitude são importantes condições do clima de um lugar a sua altitude acima do nivel do mar, a repartição das terras e dos mares em torno d'elle, a sua posição relativamente ás correntes atmosphericas e maritimas, etc.

Estas condições podem contrabalançar ou auxiliar a influencia das causas astronomicas, e é de primeira intuição que n'um periodo glaciario ellas deveriam ser fa-

voraveis ao desenvolvimento dos gelos, e auxiliarem as causas astronomicas, de cuja importancia não podemos duvidar.

E' importantissima a influencia que sobre o clima exerce a distribuição das terras e dos mares. Sabe-se que os logares proximos de grandes massas de agua, como as ilhas e as costas dos continentes, gosam de um clima temperado e uniforme, emquanto que o interior dos continentes, onde predominam as grandes massas de terra firme tem climas excessivos e deseguaes: d'aqui a divisão dos climas em insulares ou temperados e continentaes ou excessivos. A agua aquece com difficuldade, mas conserva muito o calor adquirido, d'onde resulta que a proximidade de grandes massas de agua será causa de um abaixamento de temperatura das terras proximas durante o verão, quando as terras são mais aquecidas, e de uma elevação de temperatura durante o inverno quando as aguas tem mais calor que as terras. Pelo contrario no interior dos continentes, onde as terras aquecem facilmente, mas arrefecem com a mesma facilidade, haverá grandes calores de estio e grandes frios no inverno. A proximidade ou a distancia de grandes massas de agua poderá, pois, fazer que dous logares com a mesma temperatura media tenham climas, perfeitamente differentes, insulares ou excessivos. Attribuimos a menor temperatura media do hemispherio austral ao facto de o seu inverno ter actualmente logar em aphelio: ás grandes massas d'agua, que existem n'esse hemispherio, attribuimos o facto de o seu clima ser muito mais uniforme que o do hemispherio norte, onde as terras predominam.

Já estabelecemos que o clima insular era muito favoravel ao desenvolvimento das geleiras, desde que a temperatura media fosse relativamente baixa: se, pois, durante o periodo glaciario a Europa e a America do Norte tiveram uma distribuição de terras antes insular do que continental, deviam estar favoravelmente dispostas para o desenvolvimento das geleiras. Para isso, repe-

timol-o, era preciso que a temperatura media fosse baixa: já indicamos uma causa do abaixamento da temperatura na excentricidade maior da orbita da terra, mas a distribuição da terra e dos mares podia ainda concorrer muito para isso, como brilhantemente demonstra Lyell ¹.

Todos conhecem que actualmente a proporção das terras para os mares é de 1 de terra para $2\frac{1}{2}$ de mar. Lyell julga provavel que esta relação fosse sempre a mesma; mas ainda que a extensão relativa das terras e dos mares seja constante, póde ter variado muito a sua distribuição de modo a n'uma certa zona ter predominado umas vezes o mar, outras a terra. Somos authorisados suppôr que em alguma epocha da vida do globo, existiu uma dada combinação de terras e de mar, n'uma zona da terra, porque a Geologia conta por milhares os factos que demonstram as mudanças da distribuição, de modo que podemos quasi com certesa affirmar que não houve ponto algum do globo, que n'algum tempo não fosse terra firme, e depois occupado pelo mar.

Ora se n'uma epocha da vida da terra, as regiões polares fossem occupadas principalmente pela agua, e as terras se accumulassem em grandes massas nas regiões equatoriaes, ellas tornariam-se grandes reservatorios de calor, que determinariam a elevação da temperatura da terra: pelo contrario se as terras estivessem dispostas em grandes massas nas regiões polares seriam uma causa poderosa de abaixamento de temperatura dos respectivos hemispherios.

Ainda que a distribuição normal das terras e dos mares seja a proporção citada de 1 para $2\frac{1}{2}$, é possivel que na epocha glaciaria as terras polares tivessem uma extensão muito maior do que a normal e fossem causa do resfriamento no nosso hemispherio. A proporção das terras e dos mares não é actualmente normal nas regiões equatoriaes e nas regiões polares; ha maior abundancia

¹ *Principios de Geologia*—Trad. franceza, de 1873, cap. xii.

de agua nas regiões intertropicaes, e maior quantidade de terra do que a normal nas regiões polares. Esta distribuição anormal das terras e dos mares no nosso globo deve ter uma grande influencia no clima actual da terra.

Em resumo uma maior quantidade de terra nas regiões arcticas, e uma distribuição insular das terras na nossa zona temperada seriam muito favoraveis á extensão dos gelos que sabemos ter-se dado nos primeiros tempos da epocha quaternaria.

A distribuição das terras e dos mares na Europa e na America do Norte, nos primeiros tempos da era quaternaria, era com effeito favoravel á extensão glaciaria.

A Europa era uma ilha estreita extendendo-se na direcção E. O. banhada ao norte pelo oceano arctico, muito mais extenso que o actual, que cobria a Belgica, Hollanda, Dinamarca, Allemanha do Norte, a Polonia, e o norte da Russia até Moscow. O limite d'este oceano arctico, e a configuração da sua costa meridional são perfeitamente estabelecidos ¹. Ao norte da Europa, levantava-se a Scandinavia, coberta de geleiras, e mandava as ilhas de gelo fluctuante a dispersar os blocos erraticos pelas costas fronteiras do continente. A Grã-Bretanha e a Irlanda, constituíam como hoje um archipelago; mais do que uma vez, porem, a Grã-Bretanha esteve unida ao continente como o prova a identidade da sua fauna e da sua flora, com a das costas fronteiras da França. Ao mesmo tempo as immensas steppes da Russia Asiatica, entre o Oural e o Altai, eram cobertas por um prolongamento do Oceano Glacial Arctico. Ao sul da Europa, o deserto do Sahará, coberto de agua, em communição com o Atlantico, e apenas separado do Mediterraneo pelo Atlas, substitua uma grande superficie de evaporação no immenso

¹ Credner *Tratado de Geologia*. Trad. franc. p. 621.

brazeiro que actualmente concorre para a elevação da temperatura das costas do Mediterraneo.

A America do Norte era tambem uma ilha estreita alongada de S. a N., e banhada por um oceano que cobria vastas porções actualmente emersas. D'esse vasto oceano levantavam-se, porem, numerosas ilhas cobertas de geleiras. Ao sul da ilha que então representava a America havia grandes massas de agua: o mar entrava pelo valle do Mississippi até perto da confluencia do Ohio, e talvez mesmo a America Central submergida, permittisse a communicação do Atlantico com o Pacifico.

Havia, pois, aquella distribuição particular de terras e mares, que nós mencionamos como a mais favoravel á grande extensão glaciaria.

Examinemos agora outros agentes modificadores do clima.

Actualmente as correntes maritimas são poderosos agentes da distribuição do calor e do frio no globo. E' ás correntes quentes que do equador sobem para o norte, que as costas occidentaes dos continentes do hemispherio boreal devem em grande parte o seu clima benigno, emquanto que as costas orientaes dos mesmos continentes, banhadas pelas correntes frias polares, tem um clima mais rigoroso. E' esta a razão porque debaixo das mesmas latitudes as costas da America do Norte são muito mais frias que as da Europa. Na Europa, o Spitzberg banhado por um ramo do Gulf-Stream é ainda habitado, emquanto que em latitudes mais baixas da America do Norte a vida é já impossivel.

As correntes maritimas certamente foram sempre poderosos agentes da distribuição do calor no globo: na epocha glaciaria n'uns logares impediriam a producção e extensão das geleiras, n'outros favoreceriam essa extensão. Não temos elementos para dizer qual era a distribuição das correntes maritimas na epocha glaciaria: apenas lemos em Dana que é provavel que um levanta-

mento do fundo do mar nas proximidades da Grã-Bretanha, Scandinavia, Islandia e Groenlandia, tivesse limitado o circuito do Gulf Stream ao norte do Atlantico, e portanto augmentasse a temperatura e a evaporação do oceano, accumulando na atmosphaera grandes quantidades de vapor que se precipitariam em neve nas regiões frias dos continentes proximos.

Um outro factor muito importante do clima de um lugar é a sua altitude acima do nivel do mar. E' evidente que para o estabelecimento e extensão das geleiras é mais conveniente uma maior altitude dos logares, principalmente das montanhas, porque poderá a sua temperatura ser mais baixa e provocar com mais frequencia e intensidade as quedas de neve. Ora tudo leva a crêr que no periodo glaciario as terras onde os gelos se estabeleceram tinham uma maior altitude.

Como diz Dana é difficil estabelecer a maior altitude das terras n'uma certa epocha, porque a maior elevação não deixa vestigios, como a subsidencia: podemos, porem, apresentar alguns factos em abono d'esta opinião, que é geralmente seguida.

Ainda que não repugna que por oscillações do solo as montanhas, que no periodo glaciario foram cobertas de gelo, tivessem uma altitude maior, não é preciso recorrer a essa hypothese plausivel, para demonstrar que ellas eram mais elevadas. Examinemos, por exemplo, a região em torno dos Alpes. Basta reflectir na enorme quantidade de materiaes provenientes d'estas montanhas e que em torno d'ellas jazem, para termos a certesa de que outr'ora foram mais elevadas.

O gelo e degelo, as intemperies, as tempestades, fazem em pedaços as rochas das grandes alturas, e provocam a queda dos escombros: as geleiras e as torrentes transportam-os para as planicies. Dos Alpes provem todos os materiaes dos depositos erraticos, de alluvião, as areias, cascalho e a argilla que formam extensas e es-

pessas camadas em toda a Suissa, e nos valles do Reno e do Rhodano, e de todos os outros rios originarios dos Alpes. Mr. Favre demonstra que nos Alpes faltam muitas camadas que alli deviam existir. Foi a erosão glaciaria que destruiu essas camadas e os seus restos jazem nas planicies em torno d'essas montanhas. Colloquemos pela imaginação todos esses destroços sobre as montanhas d'onde elles sahiram, e teremos a convicção de que os Alpes tiveram outr'ora uma altitude muito maior do que a actual. O que dizemos dos Alpes pode repetir-se de todas as outras montanhas que tem ou tiveram geleiras, e que estão rodeadas de enorme massa de materiaes que n'outro tempo faziam parte integrante d'ellas.

Ahi temos, pois, uma causa geral para todas as montanhas, que explica como ellas estiveram outr'ora em condicções favoraveis, para possuirem geleiras mais extensas do que as actuaes.

Mas a maior elevação não se deu só nas montanhas: o periodo glaciario foi, como diz Dana, um periodo de elevação nas altas latitudes. Resumiremos as razões que elle apresenta.

Nas altas latitudes onde se deu com toda a energia o phenomeno glacial, as costas maritimas são recortadas de canaes estreitos e profundos, occupados pelo mar, e que se estendem pela terra dentro ás vezes dezenas de milhas. Esses canaes são os *fiords*, que tem os caracteres de verdadeiros valles de erosão. A sua distribuição geographica analoga á do drift faz suppor immediatamente que os dous phenomenos se ligam á mesma causa: os *fiords* devem ter sido escavados durante o periodo glacial pelas correntes de agua que provinham das geleiras, ou antes pelas correntes d'agua e gelo sub-glaciaes. Ellas são portanto uma prova evidente, visto que hoje são occupadas pelo mar, de que na epocha da sua erosão o seu fundo se achava a um nivel mais elevado. Os *fiords* são abundantissimos em todas as altas latitudes — na Europa são abundantissimos nas costas da Noruega e na Escossia, na America são muito desenvolvidos na Groenlandia,

Labrador, Nova Escossia, e no Maine, na costa oriental; e na occidental são muito vulgares para o norte dos estreitos de Fuca: São também muito desenvolvidos na America do Sul, nas latitudes do drift. O argumento que d'elles se tira é, pois, geral, e demonstra a maior elevação das terras nas altas latitudes no principio do periodo glaciario.

O que se deu com os *fiords* deu-se também com outros valles de erosão, no interior dos continentes excavados na epocha glacial, pela acção das geleiras ou antes das correntes subglaciaes. A erosão foi, em muitos d'elles, a tal profundidade que não podemos admittir que o nivel da terra fosse o actual, mas sim que forçosamente seria mais elevado. Estas observações sobre a maior profundidade dos valles são principalmente de geologos americanos: Dana diz que ellas se applicam a quasi todos os valles dos tributarios do Ohio, ao valle do Rio Bearer, ao do Rio Tuscarawas, etc., e corrobora estas observações com outras que demonstram a existencia de antigos e profundos canaes por onde se despejaram as aguas dos grandes lagos, e que suppoem uma maior elevação do norte do continente. Dana ¹ diz que factos analogos se podem citar na Europa; todavia não os cita e nós não os conhecemos, por isso limitamos o argumento ao continente americano. Mas é ponto assente que as porções da Europa onde as geleiras tiveram grande extensão, tinham no principio do periodo glaciario uma maior altitude acima do nivel do mar, de que a que actualmente possuem. Assim todos os geologos inglezes são concordes em que no principio da epocha glaciaria era maior a altitude da Grã-Bretanha, e que o archipelago Britanico tinha estado unido ao continente, de que é prova evidente a identidade da flora e da fauna do quaternario na Inglaterra e nas costas fronteiras da França: este periodo de elevação foi seguido de outro de submersão, como é bem assente pe-

¹ *Manul of Geology*, p. 541.

los altos niveis a que se encontram as conchas maritimas nas Ilhas Britannicas. Divergem os geologos acerca do numero de periodos de elevação e depressão que soffreram as Ilhas Britannicas na epocha quaternaria, mas são todos concordes em que ellas estavam a principio n'um nivel mais alto do que o actual. O mesmo podemos dizer acerca da Scandinavia: os geologos suecos e principalmente Erdman affirmam que a Scandinavia foi a principio mais elevada acima do mar do que actualmente, o que favoreceu a grande extensão das geleiras, seguindo-se a este periodo de elevação um periodo de subsidencia.

Com effeito estão hoje submersas muitas rochas com o polido e estriação glaciarias, o que é prova do nivel mais alto a que a principio estiveram. Segundo Nordenskiöld, citado por Dana, o Spitzberg esteve tambem a um nivel mais elevado, unindo-se por um lado á Scandinavia, e pelo outro á Siberia.

O que podemos concluir em vista do que deixamos dito é que no principio do periodo glaciario, as terras onde a extensão glaciaria foi maior tinham uma maior altitude sobre o nivel do mar o que era circumstancia eminentemente favoravel ao estabelecimento e extensão das geleiras.

Este periodo de elevação foi seguido de outro de depressão, de que ficaram mais vestigios. Em todas as localidades onde houve um aparelho glaciario desenvolvido encontram-se provas d'essa depressão do solo. Já as citamos a respeito da Inglaterra e da Scandinavia, e de um modo geral a respeito das altas latitudes em que se acham disseminados os *fjords*; e não só á beira mar mas no interior dos continentes ha provas d'essa submersão, como se vê do argumento que apresentamos para a America do Norte, fundando-nos na grande profundidade dos valles de erosão. Na região dos grandes lagos somos levados a admittir a subsidencia do continente para explicar o nivel elevado dos terrassos em torno dos lagos; e no valle do Mississippi a formação chamada pelos

geólogos americanos *Orange Sand* é bem explicada pela depressão da parte superior da bacia do Mississippi.

Um movimento de depressão, seguido de um de elevação na região proxima dos Alpes é apresentado por Lyell para explicar a formação de loess dos valles do Rheno e do Danubio e a sua posterior denudação. Egualmente parece implicar uma subsidencia da terra a grande quantidade de lagos que circumdam as regiões das grandes geleiras: a formação d'esses lagos pela subsidencia comprehende-se principalmente quando o perimetro d'essas regiões é atravessado por grandes rios; os lagos podem ter sido formados, mesmo nas regiões das geleiras, por muitos modos diversos, mas este que deixamos indicado, deve ter sido causa da formação de muitos d'elles.

O facto de os vestigios de depressão se encontrarem nas regiões em que houve o grande desenvolvimento de gelos indica claramente a ligação de um com o outro phenomeno.

Duas theorias conhecemos que o pretendem explicar: a theoria das revoluções do mar, de Aldhémar e Croll, e a theoria de Jamieson, que, para terminar este capitulo, vamos examinar.

A theoria das revoluções do mar foi proposta por Aldhémar, e completada por Croll: Aldhémar, com effeito fundou-a apenas na precessão dos equinoxios, sem attender á variação da excentricidade da orbita da terra, que lhe pode exagerar ou attenuar os effeitos, e que Croll introduziu na theoria para a completar.

Vimos que em virtude da orbita da terra ser elliptica, e a linha dos equinoxios a dividir em dous segmentos deseguaes, o hemispherio cujo inverno tiver logar em aphelio, terá um inverno mais longo, um resfriamento mais longo, e portanto uma temperatura mais baixa. Ahi devia, portanto, ser maior a precipitação de neve, que se iria accumulando nas regiões polares, até que a preces-

são dos equinoxios invertesse as condições climatericas e fosse levar ao outro hemispherio a temperatura mais baixa.

Para Aldhémár a precessão tem uma influencia sufficiente para produzir nos polos uma calotte de gelo de grande espessura, tão grande que determinaria a deslocação do centro de gravidade e uma affluencia dos mares para o hemispherio, em cujo polo os gelos predominassem.

Actualmente os dous hemispherios tem cada um a sua calotte de gelo: a do hemispherio norte vae até ao parâllelo de 82°, e tem, segundo Aldhémár, uma espessura de 20 leguas; a do hemispherio sul vae até ao parâllelo de 70°; as duas augmentam o eixo do globo de 50 leguas.

A maior quantidade de aguas no hemispherio austral seria devida á attracção dos gelos antarcticos, muito mais desenvolvidos que os do nosso hemispherio. Para Aldhémár a descongelação da grande massa de gelo dos polos faz-se subitamente, produzindo um diluvio, e a dispersão dos blocos erraticos foi devida a essa causa n'uma das epochas anteriores de precessão. A's grandes correntes diluvianas sabemos nós que se não pode attribuir esse phenomeno, porque os seus caracteres discordam completamente dos que em tal caso deviam ter; mas não seria a affluencia das aguas para o hemispherio boreal capaz de explicar os vestigios do mar a niveis elevados; por outra, não seria o mar que se elevou, em vez da terra ter baixado?

E' esta a explicação que Croll apresenta, mas podem oppor-se-lhe muitas objecções e de peso.

Em primeiro logar é difficil admittir que seja tam grande como Aldhémár suppõe a espessura dos gelos polares: todos sabem que a evaporação das aguas vae sendo menor desde o equador até aos polos, e com ella vae diminuindo a quantidade de vapor d'agua contido no ar, pois que as correntes atmosphericas antes de chegar ás regiões polares perdem o vapor d'agua que acarretam,

de modo que nas regiões polares são mínimas as precipitações de neve, e os frios muito rigorosos mas seccos.

Demais, calculando a media annual da chuva em cada um dos hemispherios, e multiplicando pelo numero de annos de um periodo de precessão, não chegamos á espessura calculada por Aldhémar, mas a um numero muito menor, mesmo não levando em conta que as precipitações nos polos são muito inferiores á media, e suppondo que toda a agua que caisse se congelasse ¹. E' certo que se os gelos tivessem a espessura supposta por Aldhémar elles produziriam a deslocação do centro de gravidade do globo; mas é difficil que as camadas inferiores da calotte de gelo supportassem sem se fundir o enorme peso das superiores, e que a terra resistisse como um corpo rigido á enorme pressão do gelo, que se mediria por milhões de kilogrammas.

E' verdade que no hemispherio austral é muito grande a proporção da agua, mas não parece que ella seja alli retida pela attracção dos gelos antarcticos; citam os partidarios da theoria como argumento comprovativo a menor altitude das terras no hemispherio austral, mas deveriam então as altitudes das terras no hemispherio boreal ir augmentando e serem maiores nas proximidades do polo boreal, o que não tem lugar: deve, pois, ser outra a causa da predominancia das aguas sobre as terras no hemispherio austral.

A explicação do facto de as formações maritimas no nosso hemispherio se acharem a niveis bastante elevados, pela maior altura a que o mar outr'ora se elevou, encontra muitas difficuldades, que Jamieson põe em relevo n'um bem elaborado artigo inserido no *Geological Magazine* ².

Com effeito se o mar se elevou até ás alturas a que

¹ Snr. Lourenço Malheiro — *O Periodo Glaciario e suas causas* — *Revista de Obras Publicas e Minas*; n.º de Julho de 1873.

² *Geological Magazine* — New Series — Decade II, numeros de Setembro e Outubro de 1882.

os vestígios marítimos indicam, a calotte de gelo tinha dimensões relativamente pequenas, que não concordam com os grandiosos effeitos que lhe attribuem.

Nem se póde explicar, se a causa é a que Croll apresenta, como nos mesmos parallelos os niveis a que subiu o mar eram muito differentes, encontrando-se n'uma parte os vestígios do mar a grandes alturas, e n'outras quasi não se vendo vestígios alguns, e isto a pequenas distancias, como succede na costa oriental do Baltico e na Finlandia, onde não se encontram vestígios de submersão, ao passo que na costa fronteira da Scandinavia esses vestígios são evidentes até ás alturas de 600 e 700 pés. Não se comprehende tambem como ao longo da mesma costa o mar subiu a niveis muito differentes em distancias relativamente pequenas, e como essas differenças de nivel não são proporcionadas ás distancias: segundo Dana entre a costa de Montréal e o sul da Nova Bretanha, n'um intervallo de $6 \frac{1}{2}$ graus de latitude, a differença de niveis é de 450 pés; ao passo que entre a costa do Maine e a de Montréal a differença é de 275 pés, sendo a distancia apenas de um grau. Succede mesmo que caminhando para o norte o nivel do mar em vez de se ter erguido a alturas cada vez maiores, pelo contrario diminuiu muitas vezes, o que é manifestamente contrario á theoria.

Além de tudo a linha das antigas costas não é horizontal, como parece que deveria ser se a hypothese de Croll fosse verdadeira, mas é uma linha inclinada e muito irregular, como Bravais verificou na Finmark. Todas estas difficuldades que se oppõem á theoria de Croll, nos levou a pol-a de parte, e a admittir que foi verdadeiramente a terra que baixou e não o mar que se elevou. A theoria de Croll não seria mesmo invocavel para alguns pontos, como a região dos lagos na America do Norte e a região dos Alpes, na Europa, onde houve subsidencia, e que não foram occupados pelo mar.

Parece preferivel a theoria de Jamieson.

Fizemos notar que os indicios da subsidencia da

terra se encontram em quasi todos os logares em que sabemos que outr'ora se accumularam enormes quantidades de gelo. Jamieson explica esta connexão dos phenomenos apontando como causa da subsidencia o enorme peso do gelo que outr'ora cobriu esses logares, e que causou a depressão da terra muito abaixo do seu nivel primitivo, e tanto mais quanto maior foi a espessura do gelo, e a elasticidade dos stratos que formaram o solo carregado pelo gelo. A fusão do gelo, alliviando a terra do enorme peso que a carregava, permittiu que o solo se elevasse de novo até ao antigo nivel, ou proxicamente, porque é de suppor que a terra n'este movimento ascensional não attingisse a antiga altitude.

O fundamento da hypothese de Jamieson é que a terra é elastica. Todos os corpos tem um certo grau de elasticidade, maior ou menor: a terra deve pois ser elastica tambem, mais ou menos segundo a natureza dos materiaes que a constituem, mas tendo a elasticidade em certo grau. Carregada a terra deve portanto deprimir-se; cessando a pressão ella deve retomar a antiga forma, se o peso não foi excessivo, ou se não actuar por um tempo demasiado longo, para se ter excedido o limite de elasticidade.

Ora a elasticidade da terra está bem demonstrada. Basta lembrár os tremores de terra e a propagação do movimento seismico a distancias enormes, para a não podermos pôr em duvida. A elasticidade da terra manifesta-se pelas oscillações que causas de bem pequena importancia são capazes de provocar. Uma carruagem que passa, a marcha cadenciada de grande numero de homens, o galopar de um regimento de cavallaria, etc., são capazes de provocar as vibrações do solo: a elasticidade da terra deve pois manifestar-se sob a influencia bem mais poderosa de um grande peso que por muito tempo a carregue.

Jamieson calcula qual seria a pressão de uma massa de gelo de 1000, 3000, e 4000 pés de espessura, sobre uma pollegada ou sobre uma milha quadrada; os resul-

tados são os seguintes: uma massa de gelo de 1000 pés de espessura daria uma pressão de 378 arrateis sobre uma pollegada quadrada, e de 678 milhões e meio de tonelladas sobre a milha quadrada; uma espessura de gelo de 3000 pés, daria sobre uma milha quadrada uma pressão de 2000 milhões de tonelladas, etc. Ora a espessura de gelo foi com certeza maior de que 1000 pés, em quasi todos os logares, e não seria muito suppol-a em media de 3000 pés. Dana calcula que a geleira do Canadá teria uma espessura de 11000 pés, e que a espessura da geleira da Nova Bretanha seria em media de 6500 pés: apontamos na primeira parte d'este trabalho, as alturas que outr'ora attingiu o gelo, em muitos pontos dos Alpes; são muito superiores á espessura que Jamieson adopta para base dos seus calculos.

Era impossivel que a terra resistisse a um peso tão grande sem deprimir-se: accresce que esse peso actuou por muito tempo, e o tempo é elemento importantissimo nos problemas de elasticidade. Muitos corpos que á primeira vista nos parecem absolutamente rigidos, ainda sob a influencia de grandes cargas, deformam-se sob a acção de outras muito menores actuando durante muito tempo. Introduzindo esta consideração, Jamieson calcula a depressão que a terra soffreria, para concluir que é muito sufficiente para explicar os factos observados.

Tomando para base de calculo a supposição de que o enorme peso de 3000 pés de gelo, produzisse uma depressão somente de uma pollegada por anno, o que é na realidade muito pouco, essa acção prolongando-se daria resultados verdadeiramente maravilhosos.

Em 12 annos a depressão seria de um pé, em 1200 annos seria de 100 pés, em 6000 annos seria de 500 pés; esta depressão de 500 pés seria sufficiente em quasi todos os casos de depressão, e quanto ao lapso de tempo exigido não será talvez exagerado, porque todos concordam que os gelos deveram conservar-se com a sua maior espessura durante milhares de annos.

O exame detalhado que Jamieson faz das circums-

tancias que apresentam a subsidencia do solo nos diferentes logares em que foi bem estudada, põe em relevo o seguinte facto — que a subsidencia foi maior exactamente onde foi maior o peso do gelo, o que é uma brilhantissima confirmação de sua theoria. Nenhuma outra causa seria capaz de dar a explicação da subsidencia em tão extensas areas do globo, nos logares em que a glaciação foi mais intensa.

Para terminar este capitolo resumiremos as circumstancias que seriam mais favoraveis á producção de um periodo glaciario, e que imaginamos que foram as causas occasionaes do grande periodo glaciario que existiu nos principios da epocha quaternaria.

A disposição insular das terras nas latitudes temperadas, determinando um clima temperado e igual, e muito humido, a maior altitude das terras no principio da epocha quaternaria, eram disposições muito favoraveis á extensão glaciaria desde que alguma outra causa determinasse um pequeno abaixamento na temperatura media do nosso hemispherio. Essa causa foi por certo a coincidência de uma grande excentricidade da terra, com o inverno do nosso hemispherio em aphelio, auxiliada talvez pela accumulção de terras nas latitudes polares, e predominancia de grandes massas de agua nas regiões equatoriaes.

III

Numero dos periodos glaciarios

Temos até aqui supposto que nos tempos quaternarios houve uma só epocha glaciaria; este ponto é muito controvertido e ha notaveis dissidencias entre os geologos que se tem occupado d'esta questão. Antes, porem, de discutirmos a unidade ou pluralidade do ultimo periodo glaciario, cumpre-nos examinar se o facto de uma grande extensão dos gelos é caracteristico dos ultimos tempos da vida do globo, ou se na sua historia se encontram vestigios de epochas de frio mais antigas; cumpre-nos examinar se antes da era quaternaria não haveria periodos glaciarios.

O problema é sobremodo difficil: o estudo da flora e da fauna parece indicar uma temperatura mais elevada do que a actual para as epochas anteriores á quaternaria; todavia Mr. Saporta concluiu do estudo dos vegetaes fósseis que a epocha cretacea fôra mais fria do que a terciaria. Em tal caso as fluctuações de temperatura não seriam caracteristicas do ultimo periodo da historia do globo, e ter-se-hiam repetido nas epochas anteriores.

Existirão documentos geologicos que provem a existencia de epochas mais frias, a existencia de periodos glaciarios?

Respondem affirmativamente glaciarios muito aba-

lisados, unicos que podem entrar n'esta questão pela difficuldade de encontrar os vestigios glaciarios de eras remotas.

Se nós podemos affirmar com certeza a existencia de um periodo glaciario nos tempos quaternarios e apontamos aos centenares as provas da nossa asserção, é porque esse grandioso phenomeno data por assim dizer de hontem e o tempo ainda não conseguiu apagar e fazer desaparecer os vestigios da grande invasão glaciaria.

Mas imaginemos que alguns centenares de seculos tivessem decorrido, com todas as mudanças que em tão grande lapso de tempo podiam dar-se na superficie da terra.

As formações glaciarias seriam cobertas por formações maritimas ou destruidas pela denudação; as strias e o polido glaciario, sob as influencias atmosphericas desapareceriam mesmo das rochas as mais duras; e de todos os vestigios glaciarios apenas os enormes blocos erraticos, protegidos pelas suas grandes dimensões resistiriam á influencia destruidora do tempo, e signalariam a sua origem longinqua e o transporte pelos gelos pela discordancia da sua composição petrographica e da das rochas sobre que assentassem, sendo preciso muitas vezes ir procurar a grandes distancias as rochas congeneres.

São estas difficuldades as que surgem quando se pretende encontrar os signaes da acção glaciaria nos periodos geologicos muito anteriores á epocha actual, sendo preciso accrescentar que raramente se encontram á vista tractos de terreno de formação muito antiga, e quando se encontram são de extensão muito limitada. Attenta a maior facilidade de resistencia dos blocos erraticos é para elles que tem convergido as investigações dos glaciaristas, que tem já hoje reunido preciosas observações que permitem suppor a existencia de periodos glaciarios anteriores ao da era quaternaria, que foi o ultimo na ordem chronologica e o mais importante de todos. Apontemos

essas observações, a começar pelas que se referem a períodos mais antigos ¹.

Os mais antigos vestígios glaciários citados pertencem ao período Devoniano ou do velho grés vermelho. Um conglomerado d'essa epocha encontrado na ilha de Man é comparado por Cumming á argilla pedregosa (*boulder clay*). Nos conglomerados da mesma epocha de Kykby-Lonsdale e de Sedbergh, no Westmoreland e no Yorkshire, ha blocos e pedras com riscas e strias que o proprio Lyell confessa não seria capaz de distinguir das riscas e strias que os gelos actualmente produzem.

Ramsay, que descobriu as strias nos blocos do conglomerado em questão, propõe, todavia, para ellas uma explicação plausivel em que não intervem a acção de gelos. A intervenção d'elles seria apesar de tudo necessaria para explicar o transporte dos blocos de dimensões consideraveis cujos congeneres só se encontram a grandes distancias nas montanhas do Cumberland.

O mesmo Ramsay cita algumas observações que parecem mostrar terem-se dado acções glaciárias no período permiano. N'umas brechas d'esta epocha encontradas no Shropshire, no Worcestershire e n'outros pontos de Inglaterra ha grandes fragmentos de arestas vivas, perfeitamente conservadas, e tendo algumas superficies polidas e striadas.

O exame petrographico de alguns dos fragmentos mostrou que as montanhas do principado de Galles eram o ponto mais proximo em que se encontraram rochas analogas. Seria, pois, necessario que no período permiano nas montanhas de Galles houvesse geleiras que descessem até ao mar, e que gelos fluctuantes levassem a 30, 50 e 80 kilometros de distancia, os materiaes perfeitamente conservados que nas brechas citadas se encontram.

¹ Le Hon, *L'homme fossile*, 2.^a partie, cap. VII. — Lyell, *Principios de Geologia*, trad. francesa de 1873, cap. X e XI. — Meunier, *Les causes actuelles en geologie*, p. 416.

No systema permiano do Himalaya, estudado por MM. Blandorf e Théobald, ha uma camada que recebeu o nome de *boulder-bed*, camada de blocos erraticos, pelas dimensões dos blocos que contem e que só o transporte pelos gelos pôde explicar.

Na ordem chronologica encontramos depois os vestigios da acção glaciaria, que no periodo triassico, se teria dado na America. Com effeito Le Hon cita duas observações de Marcou, que encontrou vestigios da acção glaciaria nos conglomerados cupriferos do Lago Superior, e que attribue uma origem glaciaria a um conglomerado que estudou em Roxbury perto de Boston, todos do periodo triassico.

Segundo Godwin-Austen, com o assenso de Lyell, é preciso invocar o transporte por gelos fluctuantes para explicar a existencia de alguns blocos de syenite, que em Purley se encontraram no meio da formação cretacea, cujas dimensões são sufficientemente consideraveis para que se lhes não possa applicar a explicação que Lyell dava do transporte de alguns outros fragmentos que encontrou no meio da mesma formação -- que elles tivessem ido envolvidos nas raizes das arvores fluctuantes.

Depois dos vestigios dos gelos no periodo cretaceo, temos de consignar uma passagem que lemos em Le Hon, indicando a acção glaciaria no periodo éocène da era terciaria. Diz Le Hon que os geologos suissos consideram como representando terreno erratico os blocos de granito e de calcareo que se encontram no terreno nummulitico dos Alpes, n'um conglomerado da serie do *flysch*. Os blocos citados foram descobertos no Sihlthal perto do lago de Zurich, e no Toggenbourg, no cantão de Saint-Gall; uns são angulares outros arredondados.

As suas dimensões são consideraveis e ás vezes pôde dizer-se enormes; cita-se por exemplo um d'elles encontrado em Habkeren, ao norte do lago de Thun, que mede 32 metros de comprimento, para 27 de largura e 13,50 de altura.

Discutiu-se largamente se estes blocos pertenciam

ao flysch ou se seriam erraticos do ultimo periodo glaciario; os geologos suissos mais notaveis pronunciaram-se a favor da primeira opiniao: hoje, porém, é impossivel precisar bem as circumstancias do transporte, porque nada sabemos de certo sobre as condições geographicas da região na epocha citada.

Citam-se tambem signaes da acção glaciaria no periodo miocene.

Gastaldi descobriu n'um conglomerado miocene de Superga, uma das collinas dos arredores de Turin, numerosos blocos cujas dimensões fazem suppôr que foram transportados por gelos fluctuantes. Lyell, que examinou com Gastaldi o conglomerado em questào, defende a opiniao de Gastaldi. Os blocos são na realidade pertencentes á epocha miocene, e de modo algum se confundem com os de uma morena do ultimo periodo glaciario que existe nas proximidades.

Nos conglomerados miocenes (Nagelflûe) do Rhigi Dolfuss-Ausset fez observações analogas ás de Gastaldi nos conglomerados de Turin.

No ultimo periodo da era terciaria teria havido segundo alguns geologos uma intensa acção glaciaria. Lemos em Hamy ¹ as observações em que se fundamenta esta opiniao, e que se referem ao Plató Central da França.

As formações terciarias da montanha de Perrier, na bacia do Issoire, no Auvergne, referem-se a dous horizontes geologicos — ao dos mastodontes e ao do elephante meridional.

As camadas que pertencem a cada uma d'estas epochas são separadas por uma poderosa formação de conglomerados, que n'alguns pontos attingem a espessura de 150 metros.

Estes conglomerados são, na opiniao de Mr. Julien, de origem glaciaria.

As rasões que o levam a attribuir esta origem aos

¹ Hamy — *Precis de Paleontologie Humaine* — p. 77.

conglomerados de Perrier estão na analogia evidente que elles tem com os depositos morenicos. Elles consistem, com effeito, n'uma aglomeração confusa e cahotica de fragmentos de rochas de proveniencia longiqua, dispostos sem ordem alguma, sem distincção de volume ou de densidade. No conglomerado abundam blocos volumosos, de angulos bem conservados, e na maior parte striados, riscados e sulcados; a natureza dos blocos e fragmentos que formam o conglomerado glaciario de Perrier é petrographicamente a mesma que as das rochas que circumdam a bacia em que os conglomerados jazem. Alguns d'elles percorreram distancias consideraveis desde o seu primitivo jazigo até ao actual; assim os blocos trachyuticos, originarios do Puy de Dôme, percorreram pelo menos 25 kilometros. As oscillações da geleira pliocenica de Perrier estão representadas por tres leitos de calhaus rolados e areia, intercalados na espessura dos conglomerados.

Os factos colhidos em Perrier reproduzem-se nos outros conglomerados do Auvergne, que apenas divergem por caracteres muito secundarios, como a natureza dos fragmentos que sempre são de rochas que se encontram nos arredores.

Os conglomerados do Auvergne, da natureza dos depositos morenicos, indicam, pois, uma intensa acção glaciaria nos meados da epocha pliocene, acção glaciaria bem distincta da que assignalou os primeiros tempos da epocha quaternaria, cujos depositos de *facies* muito mais recente de modo algum se confundem com os antigos que acabamos de descrever.

Segundo observações de Collomb os gelos pliocenicos teriam deixado vestigios da sua acção n'outros pontos da França, mesmo nos arredores de Paris. Os grés de Padole e Champceuil, perto de Corbeuil, apresentam strias, devidas aos gelos pliocenes, aos quaes é devida uma morena profunda, situada no plató entre o Éssone e L'École, sendo notavel que a direcção das strias é inteiramente discordante com a direcção dos valles actuaes.

Segundo o mesmo Collomb um grande numero de blocos, situado muito alem dos limites das morenas das antigas geleiras dos Vosgos, a alturas muito consideraveis, muito deteriorados pela acção do tempo, não poderiam ser da mesma epocha que os de niveis inferiores, e exigiriam para explicar o seu transporte a admissão de uma epocha glaciaria, anterior á que caracteriza os primeiros tempos da epocha quaternaria, e que seria talvez aquella em que se formaram os conglomerados de Perrier.

Esta epocha glaciaria pliocenica, explicaria tambem o transporte de muitos blocos de grandesa consideravel que se encontram muito alem dos limites das mais afastadas morenas quaternarias, nos Pyreneus, e na vertente italiana dos Alpes.

Hamy defende que a esta extensão glaciaria que teve lugar no Auvergne, corresponderia uma extensão das geleiras dos Alpes: as provas da sua asserção tira-as das observações de Heer, para quem os linhitos de Dürnten, de Utnach, de Unterwetzikon, etc., na Suissa, seriam de uma epocha interglaciaria. Estes linhitos, cuja flora estudamos no primeiro capitulo d'este estudo, são incontestavelmente anteriores á grande extensão das geleiras alpinas, porque são cobertos pelas formações glaciarias, com calhaus riscados e striados e grandes blocos erraticos. Segundo as observações de Heer elles assentariam tambem sobre uma formação erratica. Em muitos trabalhos de geologos muito notaveis, como Ch. Martins e outros, achamos reproduzidas as observações de Heer.

Lyell adopta nos seus *Principios de Geologia* a opinião de Heer, mas parece que a regeita na sua ultima obra, na *Antiguidade do Homem*. Com effeito, Lyell examinando a opinião de Ramsay, que attribue a formação dos lagos á erosão das geleiras, apresenta os depositos linhitosos de Dürnten, Utnach, Unterwetzikon, etc. como demonstrando que a bacia do lago de Zurich era anterior á epocha glaciaria, e que tinha sido formada independentemente da acção glacial; o seu argumento não teria valor

caso fosse verdadeira a opinião de Heer; demais a p. 349¹ diz que esses depósitos são pré-glaciários, e não inter-glaciários.

Mortillet, que combate a opinião de Heer, cita a de Mr. Ch. Grad, que declara formalmente que não descobriu strias glaciárias em nenhum dos calhaus que, cimentados pela argilla, formam as camadas sobre que repousam os linhitos². Heer observou de certo vestígios de acção glaciária, porque é difficil que um tão perfeito conhecedor das geleiras se enganasse nas suas investigações; mas concorreram pelo menos causas de erro que elle não poude evitar. A primeira, como diz Mortillet, foi que os depósitos inferiores aos linhitos foram estudados por meio de poços abertos através da formação linhitosa e que primeiro passaram em camadas espessas de origem glaciária; esses poços foram abertos para uma exploração industrial e portanto sem os cuidados que exigiriam se fossem destinados a investigações scientificas; nada mais facil que na foragem passassem para o fundo do poço materiaes que faziam parte das camadas de origem glaciária que cobrem os linhitos, e que depois foram extrahidos com os materiaes proprios do deposito inferior.

A segunda causa é antiga. Diz Mortillet—«Il y a eu des mouvements de terrain et des bouleversements géologiques depuis le dépôt du lignite. Pour l'établir il me suffira de citer M. Charles Grad: «Cette formation est assez tourmentée. J'ai trouvé les couches exploitées d'une part à 10 mètres, de l'autre à 4 mètres de profondeur. Dans l'ensemble, elles paraissent relevées du côté de la montagne. Sur un point des galeries, un filon de gravier traverse obliquement le charbon. Sur un autre l'argile y entre sous forme de coin. Sur d'autres encore, le dépôt carbonifère remplit des poches dans le gravier ou l'argile, ou bien il se redresse verticalement, recouvert seu-

¹ Tradução franceza, edição de 1870.

² Mortillet — *Le Préhistorique* — p. 198 e seguintes.

lement à la surface du sol d'un peu de terre végétale. Ces accidents dénotent des glissements survenus après la formation du charbon. Ces glissements, qui sont dus certainement à la pression du glacier supérieur, peuvent bien avoir introduit sur certains points des éléments glaciaires sous les lignites. C'est très probablement ce qui est arrivé». ¹ Não está, pois, demonstrado que nas margens do lago de Zurich ficassem vestígios do período glaciário pliocénico.

Segundo M. Favre, citado por Hamy ², em Hermance, em Thornon e em Yvoire nas margens do lago de Genebra, existem dous depositos glaciários separados por uma camada mais ou menos espessa de turfa, de areias e de cascalho. Não temos elementos para fazer a crítica d'esta observação, nem sabemos se Mr. Favre colloca as formações glaciárias inferiores no período pliocénico; talvez d'ellas se infira antes a existencia de dous períodos glaciários na epocha quaternaria, como tambem consta de observações analogas de Mr. Morlot.

Da exposição que deixamos feita vê-se que, aparte os vestígios bem accentuados da acção glaciária no período pliocénico, não podemos mais do que citar alguns factos, algumas observações de habéis glaciáristas, que tornam muito plausivel a opinião de que a acção glaciária não foi exclusiva das ultimas epochas da historia do nosso planeta; mas não podemos dizer que se demonstrasse rigorosamente a existencia de acções glaciárias em epochas anteriores ás ultimas, e quando essa demonstração estivesse feita para os casos citados, seria ainda assim temerario dizer que a cada uma d'ellas corresponde um período glaciário, pois que as observações são tão pouco numerosas que não poderíamos abalancar-nos a mais do que a chamar-lhe phenomenos locais de acção glaciária.

¹ Mortillet — loc. cit., p. 199.

² Hamy — *Précis de Paleontologie Humaine*, p. 81.

Compreende-se bem que se fosse demonstrada a existencia d'esses periodos glaciarios antigos, a influencia preponderante das causas astronomicas na producção de periodos glaciarios seria brilhantemente confirmada.

Examinemos agora rapidamente a questão da unidade ou duplicidade do periodo glaciario da epocha quaternaria.

As observações de Morlot levaram-o a estabelecer a seguinte sequencia dos factos na epocha quaternaria, em torno do massiço dos Alpes :

1.º uma epocha de grande extensão das geleiras : no seu movimento propulsivo as geleiras avançaram até aos limites extremos, que na 1.ª parte d'este estudo fixamos ;

2.º uma epocha em que por falta de alimentação e por excesso de fusão as galerias recuaram até muito proximo dos valles das montanhas ;

3.º uma epocha em que por uma fluctuação favoravel da temperatura as geleiras avançaram de novo, mas sem attingirem os seus antigos e extraordinarios limites. Na epocha da primeira grande extensão glaciaria as geleiras alpinas avançaram até ao Jura e pelo valle do Rhodam até perto de Lyon ; na segunda grande extensão glaciaria as geleiras chegaram a occupar o leito do lago de Genebra, mas não o ultrapassaram.

Esta sequencia dos phenomenos é fundamentada na dispersão do terreno erratico, e exame das posições relativas das morenas frontaes e lateraes : no segundo movimento propulsivo das geleiras, as antigas morenas foram arrasadas, e morenas de um aspecto e caracteres muito mais modernos foram construidas alem das antigas morenas frontaes e a niveis mais altos que as primeiras morenas lateraes. Outras observações são adduzidas para corroborar esta opinião. N'uma epocha em que a acção glacial vá diminuindo pela fusão dos gelos deve por isso mesmo predominar a acção alluvial ; n'um paiz de geleiras, as oscillações d'estas devem traduzir-se nas formações de transporte por camadas ou depositos aquosos intercallando-se nos depositos glaciaes. O estudo das formações de

transporte corroborou a opinião de Morlot. Este geologo recolheu muitas observações, que os tratados de geologia expoem a proposito do numero de periodos glaciarios. A ordem dos phenomenos é a seguinte: 1.º camadas com calhaus riscados, e estriados, e todos os mais indicios da acção glaciaria, pertencentes ao primeiro periodo glaciario; 2.º uma ou mais camadas de natureza alluvial, que caracterisam a epocha inter-glaciaria; a esta se referem as chamadas alluviões antigas ou diluvio antigo; 3.º novas formações glaciarias com abundantes blocos erraticos superficiaes.

As numerosas observações de Morlot sobre os terrenos de transporte da Suissa, que lhe revelaram a sequencia dos phenomenos que deixamos indicada, são confirmadas pelas de varios outros geologos. Já fallamos nas observações de M. Favre, nas margens do lago de Genebra; as investigações de M. Scipion Gras sobre os terrenos quaternarios do Delphinado comprovam a opinião de Morlot, porque a sequencia dos phenomenos revelada por elles é a mesma.

Estas observações interpretam-se, porem, perfeitamente, mesmo não se admittindo dous periodos glaciarios. Em virtude de influencias climatericas insignificantes, e que longe das geleiras actuaes quasi passam desapercibidas, estas estão constantemente oscillando em torno do seu limite medio.

As geleiras da epocha quaternaria deviam ter as oscillações como as geleiras actuaes, e deviam ser tanto maiores e mais accentuadas, quanto as geleiras do quaternario eram monstruosas. Todas as observações de Morlot são tambem explicadas por grandes oscillações das geleiras quaternarias, durante um unico periodo glaciario. Devemos accrescentar que longe do perimetro das geleiras nada nos accusa essas grandes fluctuações de temperatura que deveriam dar-se, caso se desse a pluralidade de periodos glaciarios, pelo contrario o exame da fauna e da flora revela-nos que o clima do quaternario se foi tornando successivamente mais frio, sem nos accu-

sar a intercalação de um periodo de elevação de temperatura, no meio do resfriamento successivo do clima. Por esta razão, repetimol-o, julgamos talvez mais provavel que no grande periodo glaciario houvessem grandes oscillações das geleiras, de preferencia a suppor dous ou mais periodos glaciarios.

Vejamos qual foi a sequencia dos phenomenos n'outras partes da Europa.

Nas Ilhas Britannicas os periodos de extensão e de retracção das geleiras quaternarias estão intimamente ligados ás oscillações do solo, de modo que um periodo de grande extensão dos gelos é ao mesmo tempo um periodo de maior attitude das terras, e um periodo de subsidencia do solo corresponde a uma diminuição mais ou menos pronunciada das geleiras. Da existencia de oscillações do solo britannico na era quaternaria não se pode duvidar, e todos os geologos são unanimes em affirmal-o; no que não concordam é no numero de oscillações que se deram depois do periodo continental em que vegetou a floresta de Croner, n'uma epocha em que a Inglaterra estava unida ao continente, como consta de grande numero de documentos tanto paleontologicos como geologicos.

Jamieson, cujo modo de vêr Lyell expõe nos seus *Elementos de Geologia*¹ admite duas oscillações. A sequencia dos phenomenos é, segundo elle :

1.º Um periodo em que a Grã Bretanha era mais elevada do que hoje acima do nivel do mar, e estava ligada á Irlanda e ao continente; é a epocha em que as geleiras se estendiam muito longe em torno dos massiços montuosos, e em que a Escossia estava coberta de um manto de gelo, como ainda hoje succede á Groenlandia :

2.º Epocha de submersão para as ilhas britannicas. A submersão não foi a mesma para todos os pontos,

¹ Lyell — *Elementos de Geologia* — Trad. franceza. 6.ª edição, t. I, p. 245.

como o attestam os niveis differentes a que foram encontradas conchas maritimas. A subsidencia, como Jamieson mostrou, foi maior justamente nos pontos onde foi maior a espessura e portanto a pressão do gelo. N'esta epocha destacavam-se das geleiras scandinavicas grandes massas de gelo, que trouxeram até ás costas britannicas exemplares das rochas da Noruega. Das geleiras britannicas, que chegavam ao mar partiram tambem grande numero de *ice-bergs*, a dispersar no continente fronteiro blocos erraticos. Os depositos glaciaes da epocha anterior foram pela maior parte removidos pelo mar. N'esta epocha deveu dar-se a fusão quasi completa dos gelos desenvolvidos no periodo anterior.

3.º Pouco a pouco o solo elevou-se até ao nivel anterior e a Inglaterra ligou-se de novo ao continente. Foi decerto n'este periodo que a flora germanica invadiu as Ilhas Britannicas e tomou a predominancia, que ainda hoje conserva, sobre a antiga flora armoricana.

Os gelos das montanhas tomaram novo incremento mas não attingiram as proporções primitivas: a Escossia, por exemplo, teve em vez d'um manto de gelo um regimen de geleiras isoladas, que deixavam muitos vestigios no paiz, e ás quaes se deve a formação dos terrassos de Glen Roy, que são as margens de antigos lagos glaciarios.

4.º A este periodo de elevação seguiu-se outro periodo de subsidencia, que separou de novo a Inglaterra da Irlanda e do continente, dando ao archipelago britanico a disposição actual, que depois d'isto só foi levemente alterada por pequenas oscillações, cujos vestigios nos ficaram nos terrassos littoraes (*sea margins*) pouco elevados da Inglaterra e da Escossia.

Este modo de vêr, que segundo deduzimos das obras de Lyell este compartilha, está representado nas cartas de Mr. Trimmer, que Lyell reproduz na *Antiguidade do Homem*, e que representam a geographia das Ilhas Britannicas em cada um d'estes periodos.

Diremos rapidamente os factos em que se fundamenta a opinião citada.

O exame da serie de Norfolk mostra bem a sequencia de periodos de submersão a periodos de maior elevação do solo. Com effeito nas falesias de Norfolk, ao leito florestal (*forest-bed*) segue-se uma serie de camadas fluvio maritimas, que mostram que em virtude de pequenas oscillações o solo esteve ora submerso, ora um pouco acima do nivel do mar; á serie fluvio-maritima segue-se uma camada de argilla lamellar, que supporta a formação argillosa da origem glaciaria, onde abundam muitos blocos erraticos de proveniencia longinqua e em grande parte vindos de Noruega.

Indicios de submersão analogos a estes vêem nas costas da Escossia. Na costa occidental Forbes estudou uma serie que se compunha—1.º na parte inferior, de uma argilla compacta não estratificada, com blocos angulosos (*till*); 2.º — camadas de argilla lamellar (*laminated clay*) coberta de areia e cascalho, e contendo, principalmente na argilla grande porção de conchas maritimas que hoje na maior parte habitam os mares arcticos.

Na costa oriental, entre os estuarios de Forth e do Moray, no condado de Aberdeen, Jamieson fez observações analogas, que mostram que a Escossia foi primeiramente mais elevada do que hoje, e que depois soffreu uma grande submersão. Em Blair-Drummont observou a serie seguinte:

- 1.º (na base) grés vermelho;
- 2.º formação glaciaria com calhaus angulosos;
- 3.º turfa com restos de arvores.
- 4.º camadas de argilla ou lamas de estuario (*coarse clay*), com ossos de baleia;
- 5.º turfa com troncos de carvalho, e uma calçada feita com troncos de carvalho unidos.

A immersão que seguiu ao segundo periodo de maior altitude, aquelle em que os homens construíram uma calçada na turfa, é evidente pelas conchas maritimas de especies vivas, que nas margens do Medway, perto de Chatam, se encontram a tres metros acima do nivel do rio.

Os «pavimentos striados» e os *crag*s and *tails* são

invocados, bem como os terrassos do Gleen Roy, para provar a existencia de dous periodos glaciarios.

O numero das oscillações não é, como dissemos, o mesmo para todos os geologos.

Charles Martins ¹ fixa em tres as oscillações porque suppõe que depois do periodo continental de Forest-bed houve um periodo de immersão, que é para elle o primeiro periodo glaciario. Preferimos o modo de ver de Jamieson, porque nos parece que uma maior altitude é mais propria para produzir um periodo glaciario, do que uma submersão sob o oceano.

Geikie no seu livro *The Great Ice Age and its relations to the antiquity of man* — que só conhecemos por uma analyse de Mr. Saporta, admite para a Grã Bretanha quatro periodos glaciarios.

Não temos conhecimento bastante dos trabalhos importantissimos dos geologos britannicos sobre o periodo quaternario para nos podermos decidir por uma d'estas opiniões; attendendo á opinião de Jamieson e de Lyell é muito notavel a concordancia que parece dar-se entre as grandes oscillações das geleiras da Grã Bretanha e as dos Alpes. Se estas oscillações foram synchronicas attendendo á sua grande amplitude não seria temerario assignar á Europa dois periodos glaciarios na epocha quaternaria; mas no estado dos nossos conhecimentos os ensaios para estabelecer o synchronismo das oscillações das geleiras em paizes tão affastados como a Grã Bretanha e os Alpes não devem ser considerados, como diz Lyell, senão como simples conjecturas. Todavia não podemos deixar de notar a correspondencia, pelo menos apparente, dos phenomenos nos Alpes e na Inglaterra, e vamos ver que essa correspondencia parece dar-se a respeito da Scandinavia.

Ahi tambem a principio um manto de gelo cobriu

¹ Charles Martins — *Les Glaciers actuels et la Periode Glaciaire* — em Dolfus Ausset — *Materiaux pour l'étude des Glaciers*, 1.^e partie, t. III.

toda a península, n'uma epocha em que ella tinha maior altitude do que hoje. Depois houve uma subsidencia consideravel, de que ficaram vestigios a grandes altitudes: os depositos da primeira epocha foram removidos; a Scandinavia tornou-se centro de dispersão de erraticos, alguns dos quaes ficaram sobre as formações littoraes (*oesars*) que depois o movimento de reelevação poz a descoberto. N'este periodo de submersão os gelos deviam fundir-se pouco a pouco, e o solo ir gradualmente elevando-se ao nivel antigo. Então a Scandinavia, como a Escossia ficou sujeita a um regimen de geleiras isoladas, cujas formações characteristics são muito espalhadas na península. Como se vê os phenomenos correspondem aos da Grã Bretanha e dos Alpes, mas repetimol-o o synchronismo d'elles não passa de uma conjectura.

Os movimentos de oscillação do solo tiveram tambem logar na America do Norte. O continente norte americano esteve primeiro a um nivel mais alto, e foi n'esta occasião que se deu a grande extensão glaciaria (*glacial period* de Dana): ao periodo de maior altitude seguiu-se um periodo de subsidencia, que foi o da fusão dos gelos (*Champlain period*). O solo elevou-se depois (*recent period*) na mesma proporção que a terra se tinha deprimido, de modo que a elevação do periodo recente foi maior na parte norte da America, onde tinha sido maior a depressão do periodo Champlain.

Esta reelevação de terra era favoravel a uma segunda extensão glaciaria; todavia não affirmamos a existencia de um segundo periodo glaciario na America, porque não vemos no *Manual de Geologia* de Dana, livro que se occupa sempre largamente do que diz respeito aquelle continente, nenhuma prova ou ao menos indicio geologico de uma segunda epocha glaciaria, mas só algumas considerações deduzidas do exame da fauna, das quaes Dana deduz que a America teria um segundo periodo glaciario.

Para terminar este capitulo digamos duas palavras sobre o synchronismo das formações glaciarias.

Na primeira parte d'este trabalho mostramos como a grande extensão glaciaria foi um phenomeno geral, que nos principios da epocha quaternaria, abraçou ambos os hemispherios do nosso globo. N'um e n'outro hemispherio a intensidade do phenomeno foi proporcional á altitude e á latitude, de modo que attingiu proporções prodigiosas nas regiões circumpolares e nas grandes altitudes, e foi diminuindo gradualmente apresentando uma intensidade minima nas zonas temperadas quentes.

A lei da distribuição da temperatura em cada hemispherio era a mesma que hoje, e assim como as linhas isothermicas se inflectem hoje para o sul quando atravessam a America do Norte, tambem parece que se inflectiam no periodo glaciario porque a acção glaciaria na America manifesta-se a latitudes mais baixas do que na Europa, e em latitudes eguaes o phenomeno teve na America maior intensidade.

Esta identidade na distribuição da temperatura constitue uma forte presumpção a favor da contemporaneidade das formações glaciarias em cada hemispherio; devemos porém notar que o periodo glaciario se não manifestou de um modo instantaneo em todo um hemispherio, mas gradualmente, de modo que as regiões polares estariam, bem como as grandes altitudes, invadidas pelos gelos, quando o phenomeno ainda se não manifestava em latitudes e altitudes menores.

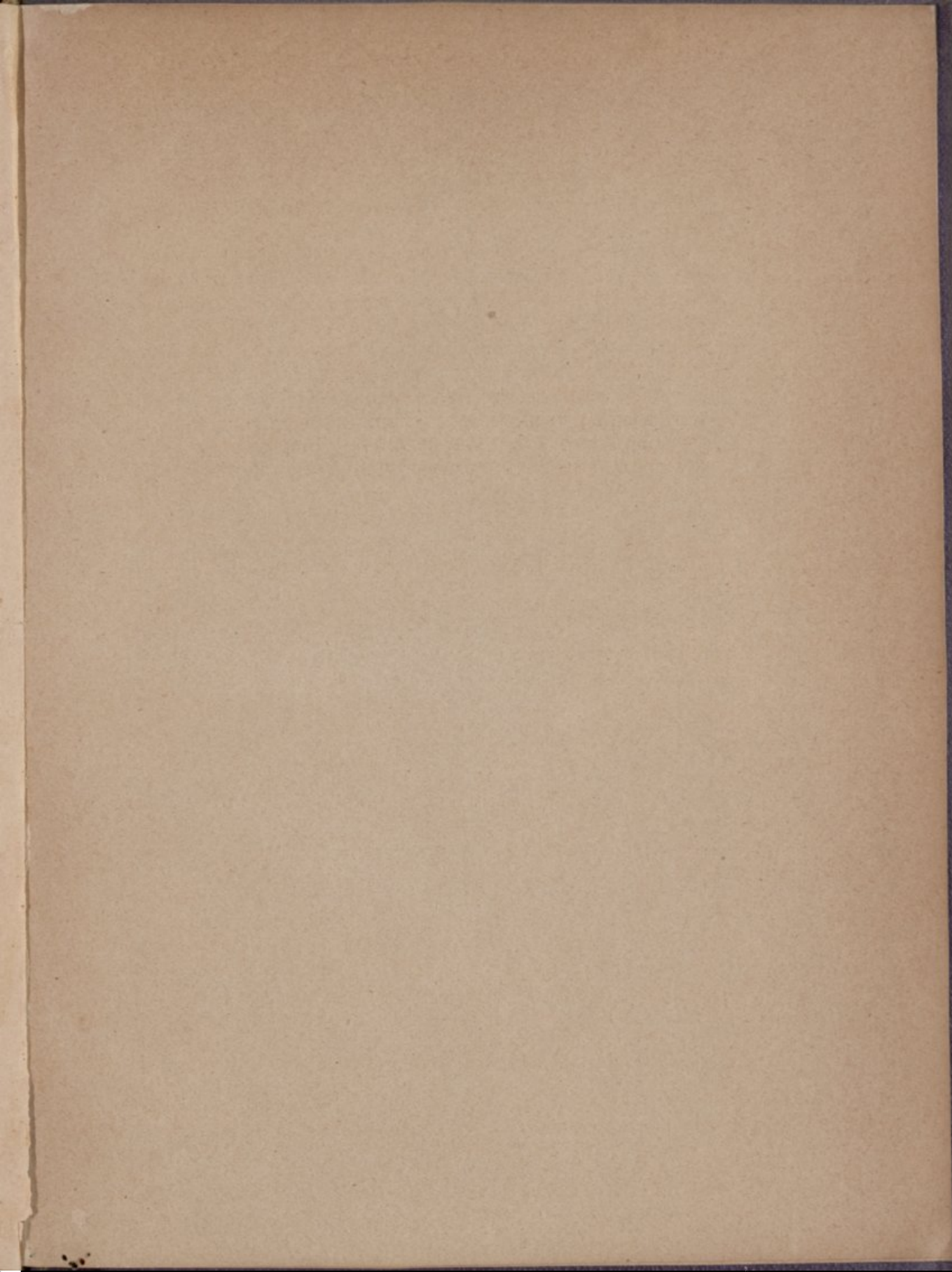
Mostramos como as causas astronomicas deveram ter grande influencia na producção do periodo glaciario; isso leva-nos a crêr—1.º que em cada hemispherio o phenomeno foi simultaneo;—2.º que elle não foi contemporaneo nos dous hemispherios.

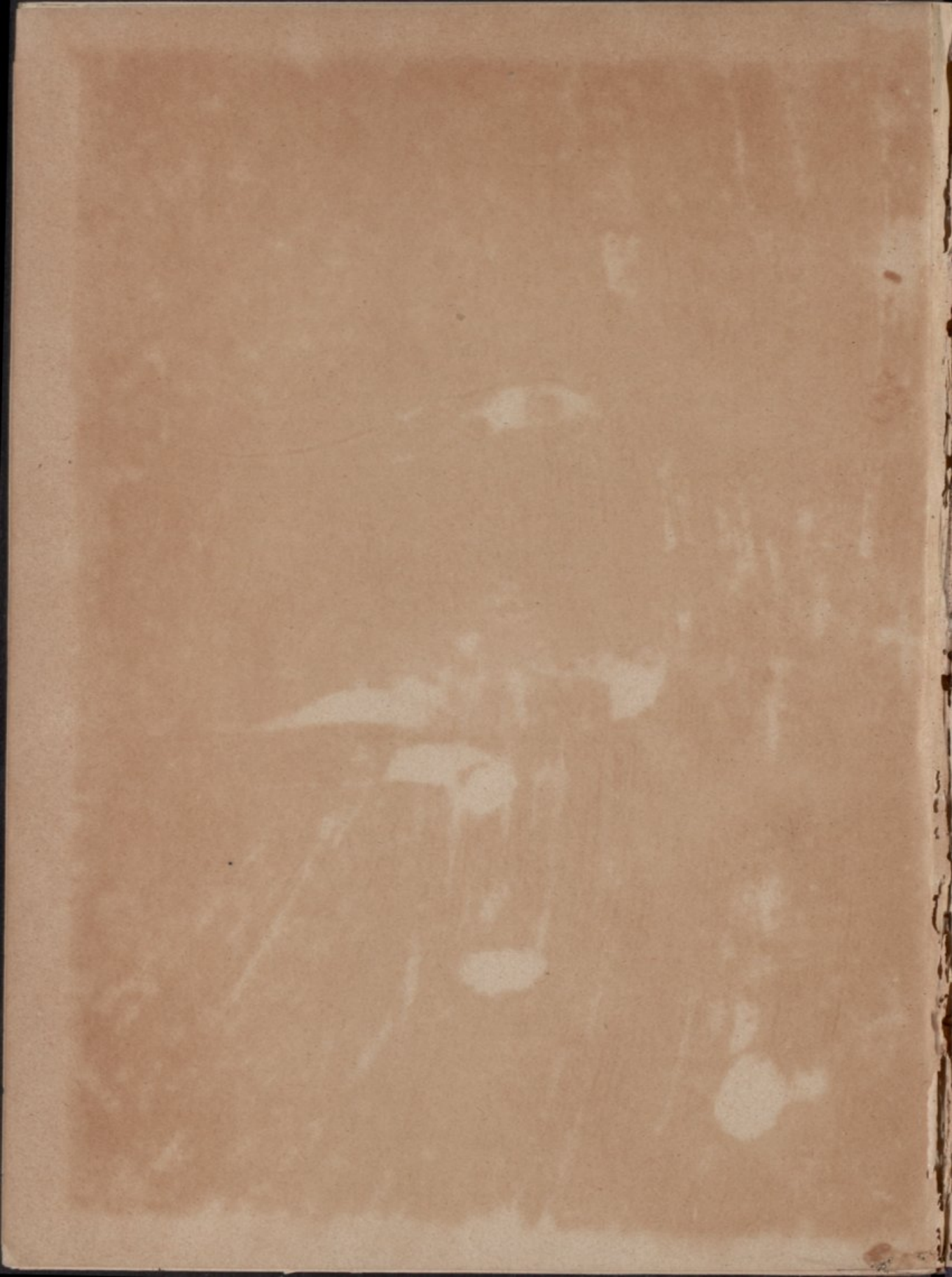
O nosso globo recebe do sol uma quantidade determinada de calor, que nem as leis astronomicas nem as terrestres podem alterar, como diz Le Hon; póde variar apenas a distribuição do calor, e é evidente que quando a temperatura media de um hemispherio se elevar, deve

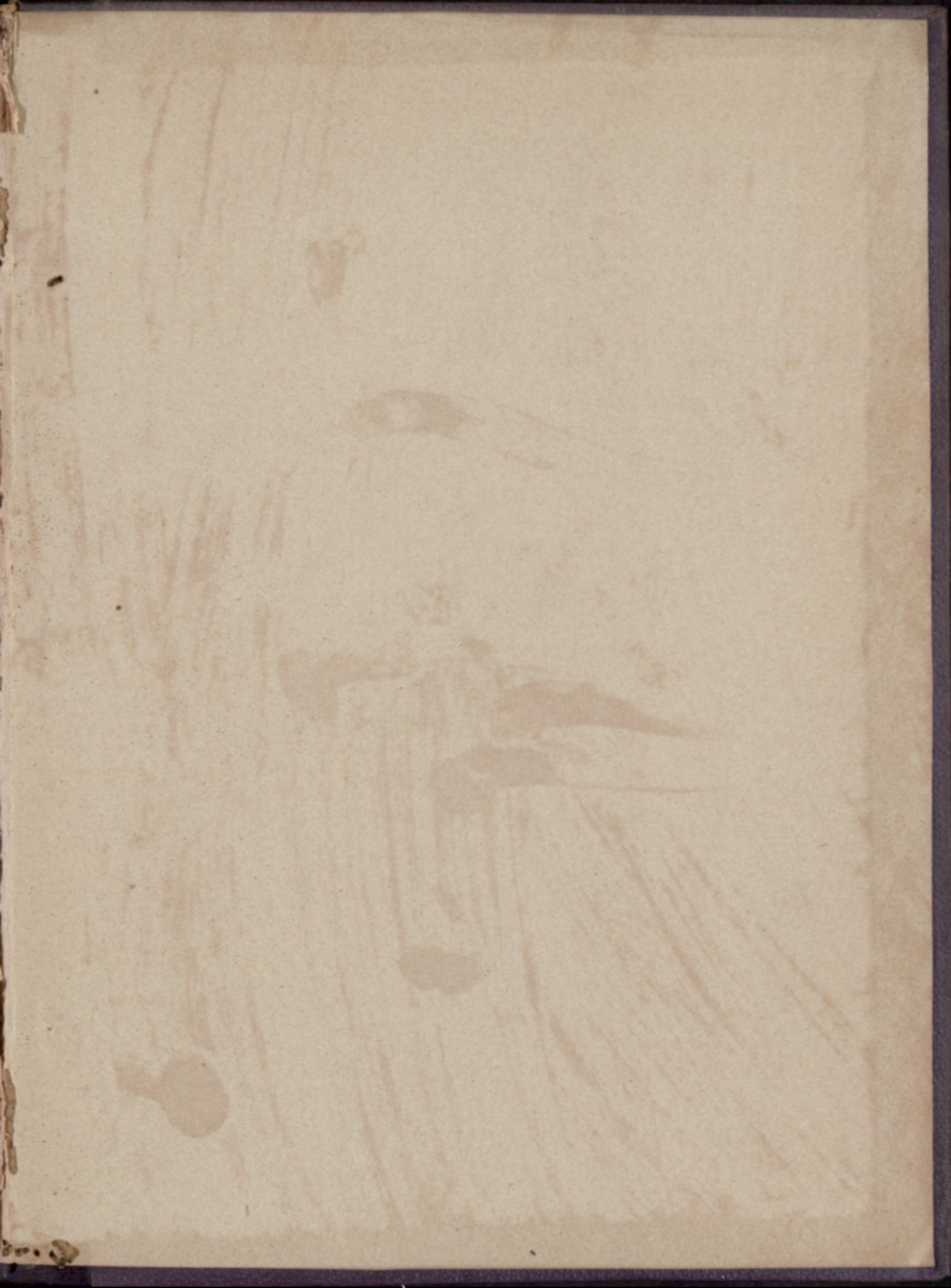
dar-se ao mesmo tempo um abaixamento na temperatura media do outro.

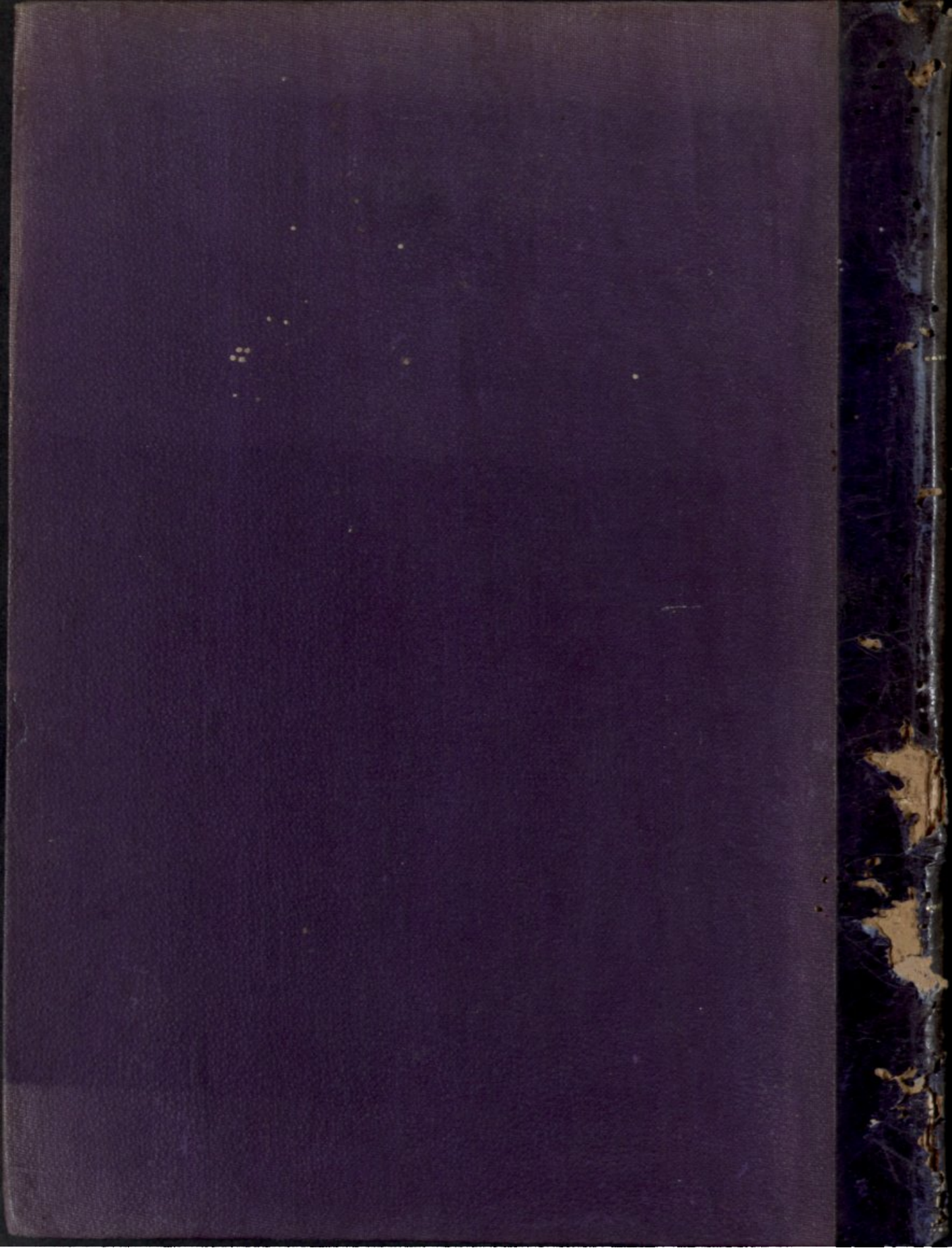
Devemos porém confessar que não ha prova geologica de contemporaneidade ou não contemporaneidade das formações glaciarias nos dous hemispherios. Admitida a influencia consideravel das causas astronomicas na producção do periodo glaciario, presumimos que nos dous hemispherios as formações glaciarias não são synchronicas; mas a respeito das formações glaciarias, como de quaesquer formações do mesmo nome, que se achem em pontos muito distantes do globo, geologicamente apenas poderemos fixar a edade relativa, mas de modo algum a edade absoluta.

FIM.









48333

GOMERS - DISSERTATAÇÃO DE CONCURSO

PHILOSOPIA