

INTRODUÇÃO AO ESTUDO DA PEDOLOGIA

Preleções de Agrologia, pelo prof.
Dr. Paul Vageler, da Escola Su-
perior de Agricultura de Berlin
e da Escola Nacional de Agro-
nomia do Rio de Janeiro.

2.A PRELEÇÃO

Ao iniciar a preleção de hoje, que versará sobre *a estrutura da matéria e suas respectivas leis*, desejo formular um pedido que, á primeira vista, talvez pareça estranho mas, de cujo acatamento depende, indiscutivelmente, a compreensão clara dos fatos que se vão estudar. A experiencia de longos anos convenceu-me que a maioria das dificuldades se antolham ao estudante ávido de compreender a natureza é o estudo da físico-química. Estas dificuldades não se baseiam na matéria em si, mas em não se atrever o estudante a acreditar quão simples são as leis físico-químicas, consideradas em conjunto. A físico-química e, principalmente, suas deduções matemáticas, vestem-se com apparencia de compreensão difficil. Em regra o estudante não concretiza os pensamentos de modo plastico, com limites claros e precisos, encarando as formulas e as equações como ciência misteriosa, sem todavia investigar o fundo real da questão que lhe demonstra, pela uniformização matematica, a real simplicidade inerente a todos êsses conhecimentos.

Existe, como se sabe, na natureza uma lei geral chamada do menor esforço, segundo a qual ela pauta a própria influencia sôbre a matéria, procurando em todos os processos naturais o caminho mais simples e mais curto para chegar ao fim. Estes caminhos são, de fato, tão simples, que sábios houve que procuraram medi-los com raciocínios julgados indispensaveis,

de aparência ultra lógica, mas que na realidade, nenhuma outra consequência tinha, senão a de transformar fatos simples e perfeitamente compreensíveis em questões complicadas e abstrusas.

Esforçar-me-ei por demonstrar-vos que a ciência é lógica porque é simples, bastando, para tanto, evitar complicações na apreciação dos fatos. Peço-vos por isso, mais uma vez interpreteis palpavelmente nas vossas mentes os fatos que vos vão ser apresentados, mas sem jamais exagerar a realidade. Só assim prevenidos é que poderei guiar-vos através dos domínios da pedologia. Se assim acontecer, espero que compreenderéis a importância e a utilidade do instrumento que é a matemática; espero mostrar-vos como é intuitivo seu manejo ao serviço da nossa ciência.

Muito feliz me sentirei se, ao terminar a exposição que vos vou fazer acêrca da constiução da materia e dos motivos pelos quais o seu conhecimento é um dos pilares fundamentais da ciência do sólo — como dizia — muito feliz me sentirei, se me vierdes comunicar que nada vos terei dito que vos fosse ignorado, apenas sendo mais simples e mais compreensível a fôrma da exposição.

EDDINGTON, o grande astrônomo inglês encetava suas aulas acêrca do mundo físico expondo conceitos que em português possam exprimir-se como se segue :

“Ao sentar-me para redigir estas preleções, acomodo-me em minhas *duas* cadeiras em frente ás minhas *duas* mesas”. Direis : *Duas* cadeiras ? *Duas* mesas ? E eu assim o confirmo : *todo objeto*, em torno de mim, é *duplo*. Aqui estão duas cadeiras, duas mesas, duas penas.

“Desde a infancia, habituamos-no ao conhecimento de “um dos gêmeos de cada um dêsses pares, que constituem o “que comumente chamamos — mundo envolvente —. Não sei “como melhor o defina : êste mundo é expansível, é relativamente duradouro, tem côr, é *material*. Dizendo que é *material* “não quero apenas significar que o objeto, esta mêsá, por exemplo não se fragmentará se sôbre ela eu me apoiar. Quero exprimir que ela é formada por *matéria*. Os objetos são coisas “perfeitamente delimitadas, ocupando espaços determinados, con-

“trapondo-se ao proprio espaço que é a ausencia de coisas, por-
“tanto uma negação pura, cuja incognita talvez só no ceu se
“resolva.

“Essas considerações pouco ou nada ajudarão na forma-
“ção de um conceito. Para nós, nada mais natural do que
“concebermos que as coisas sejam constituídas por matéria.
“Francamente, não sei como melhor vos possa descrever a ma-
“téria e a materialialidade das coisas que nos cercam, senão
“apontando-vos os objetos que estão ao nosso alcance; por
“exemplo, esta mêsá.

“A mêsá n.º 2, gemea desta para que estou apontando é
“mais transcendente, direi que é a *minha mêsá científica*. Apre-
“sentando-a, tereis de reconhecer que ela constitue conhecimen-
“to inteiramente novo para as nossas relações. Mas há um fato
“que não admite duvidas: ela não pertence ao espaço, ao re-
“dor de mim, a que há pouco me referi, por isso, não me está
“ao alcance da vista quando abro os olhos. Ela faz parte de
“um mundo que só aos poucos consegue despertar interesse,
“atravez lentos caminhos de complicadas investigações mo-
“dernas.

“A *minha mêsá científica* constitue-se, em grande parte,
“de espaços vãos, atravessados, em largos intervalos por al-
“gumas cargas electricas animadas de enorme velocidade. O to-
“tal dessas cargas não ultrapasa a bilionesima parte da nossa
“mêsá.

“Não podemos dizer, com rigôr de expressão, que o es-
“paço mínimo ocupado pelas cargas electricas seja um *vazio*.
“Mas tambem não as podemos conceber como sendo matéria:
“a consciência não o permite.

“A nossa mêsá científica, a de n.º 2, tambem se nos re-
“vela um movel aproveitavel. Mas com uma diferença: disso-
“ciando-a até aos ullimos limites de sua constituição intrinseca,
“perdemos a concepção do que seja — *materia* —, com que
“estavamos familiarizados pelo uso da mêsá n.º 1”.

Com essa exposição suscita dá-nos EDDINGTON, com
clareza, o conceito científico moderno que estamos habituados
a denominar *matéria*. Convem entrar em minucias acêrca desse

conceito, porque êle dominará todas as considerações do caracter geral que se hão de fazer no decorrer destas preleções.

Podemos imaginar a existencia de um microscopio ideal, capaz de aumentos da ordem do bilionesimo. Suponhamos, tambem, que nossa retina seja capaz de perceber as variações da excitação eletro-magnetica do éter. Assim armados, investiguemos o que se passa no espaço vazio a que EDDINGTON fez referencia.

Está bem visto que bem longe estamos de dispôr de instrumentos tão preciosos como os que acima se supuzeram existir. O microscopio mais perfeito que há atualmente, no ponto de vista, que nos ocupa, é o recém-construido no Kaiser-Wilhelm-Institut, em Berlim. Em vez de lentes de vidro êle as possui formadas por campos de energia eletro-magnetica, que permitem aumentar 50.000 vezes os objetos que com êle se examinam. Se examinarmos uma área de um milimetro quadrado da tal mêsá material, da mêsá n.º 1, de que nos fala EDDINGTON, vê-la-emos com 50 metros de lado. E' êste fáto o que nos permite alentar, como possivel de realizar-se algum dia, a fantasia científica correspondente ao microscopio capaz de nos revelar a verdadeira estrutura da materia, observada com aumentos da ordem de biliões de vezes.

Agora, em vez de continuarmos a nos ocupar com as mêsas de EDDINGTON, volvamos a atenção para um fragmento de sólo do tamanho de um milimitro cubico. Depois de agitalo com um pouco de água, ponhamos em lamina de microscopio uma gota do liquido *lamacento* assim obtido. Depois de cobri-la com uma laminula, examinemos a preparação aumentando-a, por visão em microscopio, mil vezes. Todos aqui presentes sabemos o que vamos vêr. A água, meio dispensor, não nos será visivel: *ela é transparente*. Mas as porções de sólo existentes na preparação tornar-se-ão facilmente reconheciveis: pequenos fragmentos de mineraes, restos de cristais, muito distanciados uns dos outros, além de massa amorfa, sem formas definidas nem regulares. Disseminados por toda a preparação, vêr-se-ão restos mais ou menos reconheciveis de celulas vegetais, algas, bacterias, um ou outro ser animal unicelular, etc.

Tomemos agora, para exame, de cada vez, um único dentre os elementos figurados de nossa preparação, observando-o com maior aumento. Descobriremos em cada qual novas minúcias de estrutura, que nos escapavam á percepção quando se empregava menor aumento. Cada particula se revela como sendo constituída por muitas outras, de menores dimensões. Se em exames sucessivos, crescer o poder de aumento das lentes do nosso microscopio, quando è atingir a 5.000 vezes, já não se poderá mais, só pelo aspecto do que se observa no campo do microscopio, dizer se de fáto a preparação é ou não de uma pequena porção de sólo.

Se o campo visual do nosso microscopio fosse bastante grande, vèr-se-ia alguma coisa que lembraria um panorama fantastico, com elevados montes e profundos vales, cheio de blocos de cristais, formando agregados, sendo digno de nota que os contornos já não seriam nítidos e claros. Tudo se encontraria animado por tremores continuos.

Se o aumento chegar a 50 ou 100 mil diametros, como acontece com o microscopio para eletrons do Kaiser-Wilhelm-Institut, não somente todos os elementos figurados terão assumido enormes proporções, mas tambem os movimentos, que deixarão de ser simples tremores para se revelarem como vibrações rapidissimas de minusculos *pontos de massa* de que se compõem os cristais e toda a substancia sólida. A propria água da preparação deixará de ser o liquido limpido, de perfeita transparencia, que estamos habituados a conhecer, para apresentar-se composta de particulas dotadas de movimentos muito irregulares.

Supponhamos, agora, que nosso microscopio ideal, capaz de aumentar muitos milhões de vezes o campo da nossa preparação, já tenha sido construido e que o utilizemos para examina-la. O que se ofereceria á nossa vista, nestas condições, nada mais teria de comum nem com as bolhas de ar, nem com a agua, nem com o sólo que conhecemos, exatamente como a mêsã n.º 1; a dita mêsã material, de EDDINGTON, em nada se parece com a mêsã científica, a de n.º 2, por ele descrita. O que se veria, seria um enorme espaço vazio, atravessado, de quando em quando, por pequenissimas

massas dotadas de velocidade tão vertiginosa que a vista lhes não conseguiria vislumbrar as formas.

Para que pudessemos ter uma noção acêrca dessas massas, precisaríamos realizar algumas fotografias cinematograficas em instantaneos curtissimos e depois examinar a fita em camera lenta, com velocidade reduzida ao milésimo. E assim somente poderíamos estudar os movimentos efetuados pelas diversas especies de massas que atravessam o espaço vasio.

Haveríamos de observar que essas minusculas massa se chocam umas contra outras, lembrando o carambolar de bolas de bilhar. Eu disse : *lembrando o carambolar* por isso que a similitude não é perfeita. Essas massas não se tocam como acontece ás bolhas de bilhar. Dêsde que a distancia entre elas atinja certo limite, dá-se brusco afastamento, como se cada massa se achasse envolvida em substancia elastica invisivel.

Em determinado ponto do nosso preparado havemos de observar que não há minimo vestigio de ordem no movimento das massas : estaremos observando uma bolha de ar. Em outro ponto notar-se-á que, embora não exista regularidade nêsses movimentos, já não há desordem. Em torno de certas particulas formam-se concentrações, agrupamentos de curta duração. Mais adiante veremos o que significam êstes agrupamentos. Por enquanto basta que saibamos que êste ponto do nosso preparado é ocupado por água.

Nas particulas solidas, onde observamos com o microscopio para eletrons, certa vibração continua, descobriremos que as minusculas massas se acham ordenadas se se achassem nos pontos de intercessão de uma rêde com malhas muito regulares, dotada de movimento oscilatório perfeitamente definido.

Suponhamos, agora que, por qualquer processo, consigamos deter todos os movimentos, mantendo no ponto em que se acharem, imoveis, todas as massas. Ao mesmo tempo incrementaremos ainda mais o aumento do nosso microscopio. Haveremos de observar que cada uma dessas minusculas massas é um *verdadeiro sistema solar*, mais ou menos complicado, com um sol central, de dimensões infinitamente pequenas em tórno do qual, em *distancias relativamente grandes*, se comparadas ao tamanho do nucleo, giram em orbitas regulares, mas que

ainda se não conseguem definir, outros pontos, também de dimensões reduzidíssimas.

Teremos, assim, perante nossos olhos, os materiais de natureza subtil de que se compõem todas as substancias conhecidas. Todo o nosso universo está edificado com elas, de acôrdo com as leis precisas. *Esse material são as unidades das cargas electricas*, umas, positivas, recentemente descobertas pela investigação científica, denominadas *positronios*, outras, negativas, a que se chamam *eletronios*. Os positronios formam os nucleos centrais, os soes dos mundos que são os átomos. Os satelites são constituídos por *eletronios*.

Cada átomo, como cada mundo, tem sua estrutura propria, individual. Mas nêste momento não nos interessa conhece-las. O de que devemos cuidar é de lembrar as *leis basicas* gerais pelas quais se regem as estruturas dos atomos. Todos nós conhecemos, dêse os tempos dos estudos ginasiais, as tão divulgadas leis de Coulomb :

1) — Massas com cargas electricas de sinais contrários, ou polos desiguais, atraem-se; massas com cargas electricas do mesmo sinal, ou com polos iguais, repelem-se;

a) — Essas atrações e repulsões variam na razão inversa do quadrado das distancias.

Certamente, ainda se não nos apagou da memoria o interesse que tivemos quando passamos a *brincar de ciencia*, como parecia, mas que hoje sabemos ter sido repetir importantissimos fatos de realidade extremamente simples, demonstrando á meninada das nossas amizades, de classe ainda inferiôr, como o lacre polido, ou o bastão de vidro, atritados, atraem e repelem pequenos pedacinhos de papel, ou mantêm afastadas as esferas de sabugueiro do pendulo electrico.

Estes fenômenos tão simples, essas leis tão claras, bastam para interpretar muitos dentre os problemas aparentemente complexos da fisico-quimica, de importancia decisiva para o estudo dos sólos, e para orientar procedimentos agricolas da maior importancia.

Convem lembrar que qualquer movimento de carga electrica traz, como consequencia o aparecimnto do par de polos magneticos. Como corolário: qualquer movimento de magneto

provoca formação de campo elétrico. Disso resulta que eletricidade e magnetismo constituem unidade inseparável.

São os campos de energia elétrica ou magnética os causadores da estrutura do minúsculo sistema solar a que denominamos átomo. Dêles também depende sua duração. No átomo, o núcleo central desempenha o papel de sol. Ele se constitui de condensações de elétrons e de pósitrons, êstes em maior número. Sua carga é de sinal positivo; e como o volume em que ela se acha concentrada é apenas o de uma esfera de 10 - 12 cents. de raio, tão pequeno que a imaginação custa a conceber, segue-se que nêle a energia se encontra com potencial muito elevado. Essa é a razão pela qual êle atrai os elétrons negativos, apesar da força centrífuga, resultante da vertiginosa velocidade com que lhe giram em torno, exatamente como sucede no sistema solar.

Qualquer unidade de carga, positiva do núcleo, que não se compense por elétrons nucleares, é compensada por um elétron orbitário. A diferença existente entre os vários elementos químicos reside no número de cargas positivas livres do núcleo, a que corresponde igual número de elétrons orbitários. Por isso o átomo é um sistema eletricamente neutro. Disso resulta que o sistema periódico dos elementos é consequência do número de pares de carga, entre núcleo e elétrons orbitários, de onde derivam os *números de ordem*.

O átomo de constituição mais simples é o hidrogênio. Nêle só existe um par de cargas, uma positiva, no núcleo e outra negativa em um elétron orbitário. Os demais átomos têm cargas nucleares e elétrons orbitários em número que corresponde á colocação no sistema periódico. A simplicidade estrutural do átomo de hidrogênio, comparável ás condições da terra acompanhada de sua lua, contrapõem-se em outros elementos, estruturais complicadas como um sistema solar. O átomo da prata, por exemplo, cujo núcleo dispõe de 47 cargas positivas, tem 47 elétrons orbitários circulando em torno dêle. O ouro tem 79 cargas nucleares e 79 elétrons. E assim por diante.

Claro está que, em se tratando de átomos com tão complicada estrutura, com tão elevado número de elétrons orbita-

rios, não é possível que cada qual desenvolva uma orbita arbitraria qualquer. Bem ao contrario disso, como cada eletronio, por terem todos cargas negativas, exerce repulsão para com os demais, sendo todos concomitantemente atraídos pelas cargas postivas do núcleo segue-se que se estabelece determinada ordem nas trajetorias, o que garante o equilibrio electrico.

Como, de acôrdo com a lei de Coulomb, a intensidade da atração electrica decresce na razão direta do quadrado das distancias, segue-se que os eletronios mais afastados do núcleo são retidos por êle com menor energia. As consequencias dêsse fáto notam-se de modo decisivo quando o atomo se encontra em campo electrico ou magnetico. Qualquer radiação representa campo electrico e magnetico, que tambem se gera quando um atomo chega á estreita vizinhança de outro. Nestas condições, resulta que a energia com que o núcleo central atrae os eletronios será incrementada, ou diminuida, resultando perda de eletronios ou aumento do numero dos existentes. A astronomia nos dá, em grande escala, exemplo de fáto analogo: em virtude da gravitação, o planeta Jupiter, de grande massa, atrae para seu campo de influencia os asteroides vagabundos dos espaços siderais que lhe passam ao alcance.

Se qualquer atomo perde ou ganha um ou mais eletronios, naturalmente, deixa de encontrar-se em equilibrio electrico. Se perde um eletronio, fica o núcleo com uma carga positiva em excesso; gera-se um ion positivo. Se o atomo ganha um eletronio, assume ao mesmo tempo uma carga negativa e gera-se um ion negativo.

De acôrdo com êsses excessos de cargas positivas ou negativas. dispõem os ions de propriedades atrativas ou repulsivas em relação a outros ions. Esses excessos de cargas são as valencias de combinações químicas. De acôrdo com o numero de eletronios, um, dois ou mais, passíveis de serem perdidos ou ganhos pelos atomos dos diversos elementos, diz-se que êles ou seus ions, são mono, di ou polivalentes. Por consequencia, o termo valencia nada mais significa senão cargas negativas perdidas ou ganhas pelos atomos, ou, melhor pelos seus ions. De acôrdo com a lei de Coulomb, cargas do mesmo sinal repelem-se, as de nomes contrarios atraem-se. Dêsse que

sejam presentes ions positivos e negativos, êles se agrupam de acôrdo com esta lei, resultando neutralidade eletrica. A êste fenomeno dá-se a denominação de *reação química*. O produto da reação, isto é, o resultante da saturação reciproca das cargas eletricas dos ions, é a que deminamos "*molecula*".

Não procuremos esmiuçar aqui o procedimento dos eletrônios no interior das moleculas. Isso nos levaria demasiado longe dos nossos propositos. Todavia, temos que ter em mente:

1) Entre todos os atomos tem o hidrogênio logar de destaque, porque só tem um unico eletronio.

Essa colocação ainda mais importante se torna quando êste atomo perde o eletronio. Nestas condições êle se torna um simples nucleo atomico com forte carga positiva, capaz de mover-se, em virtude de suas dimensões reduzidas e de sua pequena massa, com enormes velocidades, mesmo em temperaturas relativamente pouco elevadas.

Isso, a que denominamos "*calor*", nada mais é que a consequencia dos movimentos executados pelos atomos, ou moleculas, diretamente proporcional á temperatura absoluta, cujo zero se encontra 273°C abaixo de zero da escala termométrica centesimal.

Talvez não seja demasia lembrar neste momento a quanto monta a velocidade desses movimentos comparando-a ás velocidades dos moveis do nosso conhecimento usual :

Representando por U a velocidade em metros por segundo e por M o peso molecular ou atomico ; sendo T a temperatura absoluta, isto é : a temperatura, expressa em gráus centigrados somados a 273, quando ela fór acima de zero centigrado, diminuida desse numero quando abaixo, resulta :

$$U = 157,9 \sqrt{\frac{T}{M}}$$

De acôrdo com essa formula, na temperatura de 20° C, que correspondem a 273 + 20 = 293° absolutos, são as seguintes as velocidades dos ions de maior interesse para a ciencia do sólo :

Hidrogênio	2.700 m/s.
Sódio	553 „
Potássio	426 „
Magnésio	542 „
Calcio	416 „

Os ions mais pesados, como se vê, movem-se com a velocidade comparavel á das balas de canhão. O ion de hidrogenio, entretanto, tem velocidade cinco a seis vezes maior. Ao par disso, considerando que este ion se constitue apenas de um unico nucleo positivo, cujo diametro é da ordem de 10^{-13} cents., compreende-se que bombardeando as moleculas que lhe estiverem ao alcance na natureza, ele as ataque e destrua. E' por isso que ele tem tão saliente papel nos fenomenos de intemperismo, dos quais oportunamente nos teremos de ocupar com minucia.

2) O segundo ponto, que não devemos perder de vista, é o seguinte: Ha pouco lembrei que os atomos, como os ions, têm os eletrônios movendo-se em orbitas perfeitamente determinadas, quer se trate de hidrogenio que só tem um, quer se considere qualquer outro, que os contenha em grande numero. A'tomos e ions são corpos cuja constituição especial póde ser muito complicada, mas que em qualquer hipotese, é sempre carateristica para cada qual.

Disso resulta que, quando varios ions ocupam o mesmo espaço, tendo uns excessos de carga negativa e outros de carga positiva, eles só se unirão para formar moleculas quando se encontrarem em posições relativas muito determinadas. Esse fato pode comparar-se ao que sucede nos jogos de paciencia denominados "*puzzle*", compostos de peças dos mais variados formatos, que só podem reunir-se para formar o quadro resultante da arrumação de todas elas, quando cada qual de coloca em face das parceiras pela maneira adequada, que é uma unica.

O que acaba de referir-se tambem demonstra que cada especie de molecula se constróe segundo plano especial exatamente preestabelecido, tendo forma perfeitamente definida, consequente á repartição das cargas de ions que as compõem.

Até certo ponto, o que mantem os ions formando moleculas é a compensação das forças de atração e de repulsão. Qualquer perturbação deste equilibrio, resultante da influencia do campo eletromagnetico gerado pela presença de outros ions ou atomos, ou pela ação de irradiações, provoca dissociação das moleculas, libertando-se os respectivos ions, do mesmo modo que se desmorona uma casa se se retirar a argamassa que mantem os tijolos e as pedras que a formam. Este processo é denominado "dissociação molecular".

Por outro lado, a propria forma dos ions impede em muitos casos, que a compensação das forças de atração e de repulsão se realize nas moleculas de modo inteiramente perfeito. Disso resultam moleculas apresentando um pontosinho onde existe alguma particula com excesso de carga positiva ou negativa. A essas cargas denomina-se "*valencias residuais*". Por vezes, elas são de tamanha intensidade que se tornam capazes de atrair ions, com que se combinam de modo mais ou menos resistente á dissociação. Weber foi quem primeiro denominou essas combinações de modo adequado, apelidando-as de "*coor-denativas*". Em casos especiais, que têm importancia decisiva em ciencia do solo, tambem se qualificam essas combinações com a designação de "*sortivas*", dizendo-se que os ions assim combinados com as moleculas que apresentam esses excessos de cargas se acham em estado de "adsorção".

A unica diferença entre as combinações por "adsorção", ou combinações "*sortivas*", e as verdadeiras combinações químicas está na *intensidade* com que elas se realizam e se mantêm. Em qualquer hipotese, elas se dão estritamente de acòrdo com as leis de Coulomb.

Ha ions, como o clóro e o sodio, que tão bem se ajustam, quando combinados, formando moleculas, que seus campos de atração, em solutos concentrados, se satisfazem mutuamente de modo completo. Como cada ion tem forma definida, resulta que tanto as combinações entre pares de ions, como as realizadas entre muitos deles, necessariamente devem assumir fôrmas precisas. Só assim se estabelece a neutralidade eletrica dos edificios meculares, simples ou complicados.

Muitos pares de ions reunidos em uma só molecula geram, naturalmente, conjunto de dimensões avantajadas. Quando andamos fazendo observações com aquele microscopio ideal de que vos falei no inicio desta preleção, vemos cortes através dessas moleculas gigantes, sob a forma de pontos nas intercessões das linhas da rêde espacial. As substancias que assim se nos apresentam, com formas perfeitamente regulares, chamam-se *cristalinas*, são os *cristais*.

Embora grosseiramente, pôde demonstrar-se quanto é intuitiva a distribuição dos ions nos pontos de intercessão do reticulo espacial: basta considerar um montão formado por uma centena de esferas de dois tamanhos diversos. Admita-se que as queiram arrumar de modo a necessitar para todas, o menor espaço possivel. Só ha um unico meio de consegui-lo: colocar uma esfera, das maiores, entre quatro das menores, ou uma das menores entre quatro das maiores. Os centros de todas as esferas de iguais dimensões, que representam os ions das combinações químicas, acham-se todos colocados na intercessão do reticulo espacial imaginario, com toda regularidade. Estes reticulos, em se tratando de substancias cristalizadas, são a causa da *simetria dos cristais*.

Se qualquer de nós quizer realmente dar-se ao trabalho de dispôr arrumadamente as esferas do nosso exemplo de ha pouco, terá de empregar nisso algum tempo. Não é facil a tarefa. O mesmo acontece á natureza quando arruma os ions que devem formar um cristal. Ela tem que dispor de tempo bastante. Se assim não acontecer, muitas moleculas terão de ficar mal arrumadas: não haverá reticulo espacial. Formar-se-á um *corpo amorfo*.

Podem considerar-se os corpos amorfos como encontrando-se em estado pré-cristalino. Muitas vezes êles ocupam mais espaço do que lhes é necessario depois que cristalizam. Realizada a cristalização, apesar de não se revelar pelas formas exteriôres, verifica-se que ela se processou em virtude de se encontrarem muitas propriedades dos cristais, sobretudo as óticas.

3.A PRELEÇÃO

Ficou dito na preleção anterior que, em determinada massa de ions capazes de reagir entre si, se estabelece orientação cujo resultado é não só assegurar, por compensação de valencias, mas também determinar a estrutura característica para cada substancia.

Tambem ficou dito que essas disposições se realizam como se existissem reticulos ou gradeados, denominados *reticulos espaciais*, em cujos pontos de intercessão se localizam ions, moleculas, ou residuos moleculares (radicais) que concorrem á formação das substancias.

O princio basico de toda a estrutura da matéria é exatamente esta regularidade que sempre se estabelece quando o tempo é suficientemente longo, desde que exista para os ions possibilidade de se collocarem livremente, ou porque a massa esteja dissolvida, ou porque se apresente em estado de fusão. O grande pesquisador russo von WEIMARN considra, com toda razão, esta regularidade de disposição de particulas, designada por cristalinidade, como propriedade basica de qualquer substancia.

Não é possivel contestar que as particulas de que se constroem as moleculas necessitam do tempo assaz longo para mover-se e portanto para collocarem-se no lugar adequado ao campo total de atração, sempre que devem obedecer a determinada lei de construção. Verifica-se este asserto provocando-se a formação de substancia cuja estrutura não obedeça a orientação regular, seja pela evaporação rapida do soluto em que ela se achar, seja pelo resfriamento rapido de qualquer substancia em fusão. Já nos referimos a elas como representantes da classe de *corpos amorfos*, isto é, sem formas regulares.

Em solutos de sais inorganicos, como sal de cozinha, por exemplo, cujas particulas se movem com rapidez extraordinaria, como é facil verificar pelas equações que exprimem, a velocidade das particulas brownianas, é tão curto o tempo necessario á formação de pequenos complexos cristalinos, denominados germens cristalinos, que praticamente não se póde deixar de obter pó microscopico cristalizado, por mais rapida que seja

a evaporação. Grandes cristais formam-se, como é sabido, em tempo longo, com evaporação lenta.

Para prova experimental, examinem-se os residuos de um soluto de sulfato de cobre rapidamente evaporado, e o obtido por evaporação naturalmente lenta, por simples exposição ao ar.

Emquanto que no primeiro caso, só se pode reconhecer que o residuo é realmente cristalisado examinando-o ao microscopio, no soluto evaporado espontaneamente, formam-se grandes e belos cristaes, exatamente como a teoria prevê.

Si o tamanho das moléculas dissolvidas fôr muito grande, diminúe rapidamente a velocidade do respectivo movimento browniano, como se depreende da igualdade acima citada.

Exemplifique-se: — Dentre os ions existentes no sólo, que mais de perto interessam á ciencia agrônômica, salientam-se Na, K, Mg e Ca. A 20°C, a velocidade média que êles apresentam é de 500 m/3. A glicose cuja formula é $C^6H^{12}O^6$, sendo seu peso molecular — $72 + 12 + 96 = 180$, na mesma temperatura, movimenta-se com velocidade muito menor, que se calcula pela formula acima lembrada:

$$159,7 \sqrt{\frac{293}{180}} = 1,26 \times 157,9 = 198,9 \text{ m/s, isto é, menos}$$

da metade da acusada pela média dos quatro ions mencionados. Esses dados já bastam para demonstrar que as substancias de pêso molecular elevado têm necessidade de dispôr de maior espaço de tempo para cristalizar.

Convem considerar mais um ponto: quando a concentração dos solutos não é grande, movimentam-se os ions com facilidade; é-lhes facil orientarem-se uns em relação aos outros. Quando a concentração cresce, aumentam as dificuldades na orientação. Se ela excede certos limites, tamanha se torna a dificuldade que as leis da cristalização deixam de poder manifestar-se integralmente. As substancias separam-se com estrutura irregular, amorfa, constituindo, por vezes, embaraço para trabalhos experimentais ou industriais, bastante desagradaveis, constituindo a occurrência conhecida sob a designação de "*enlameiamento*".

Belos exemplos dêstes fatos encontram-se nos hidroxidos de ferro e de aluminio. Eles se repetem em grande numero de substancias organicas, que até hoje ainda se não conhecem com forma cristalizada. Eles são a causa da dificuldade de obterem-se cristais bem formados, de grandes dimensões, por

meio de fusão. A obtenção artificial de grandes diamantes, por exemplo, ainda não se tornou possível, em virtude de precisar ser tão lento o resfriamento dos solutos desse elemento no ferro fundido, que a vida de um homem não basta para levar a bom termo uma experiência satisfatória. Na natureza, passam-se as coisas de modo diverso: o tempo não lhe tem o valor que assume para *os poucos anos*, os homens, cuja vida, em regra, longe está de atingir uma centena de anos.

Opondo-se às matérias cristalizadas, existem as amorfas, dentre as quais o vidro se pôde considerar como representante típico. Sua grande importância técnica reside, justamente, em ser amorfo, o que lhe permite deixar manipular-se de acordo com as conveniências.

Mas êle não permanece indefinidamente em tal condição, apenas, o tempo de que precisa para cristalizar é muito longo. Se para empregá-lo, fosse necessário esperar pela cristalização, valeria o vidro de qualquer vidraça mais que o próprio peso em ouro.

Quem trabalha em laboratórios tem de aprender, por vezes á custa de experiências pouco agradáveis, que o vidro chega a cristalizar. Nos climas quentes, onde a cristalização é facilitada pela temperatura, é comum verem-se grandes quantidades de vidraria tornarem-se repentinamente imprestáveis por causa da cristalização.

Esse acontecimento demonstra um fato de grande importância: *nos corpos amorfos não há compensação dos campos eletromagnéticos*. Neles existem disponíveis forças elétricas e magnéticas suficientes para deslocar as partículas de que se compõem corpos sólidos, o que indica respeitável quantidade de trabalho. Este asserto pôde ser expresso de forma mais precisa: quando em um campo eletromagnético surge qualquer perturbação, seja qual fôr a origem, ou provocada pela irregularidade na disposição nas partículas dotadas de carga elétrica, ou pelo aparecimento que hoje se denomina "superfície", isto é: por uma superfície de limitação em relação ao meio vizinho, libertam-se forças elétricas e magnéticas de atração e repulsa, denominadas *forças de superfície limite*, cuja compensação tende a fazer-se pelos campos de força que lhe são exteriores.

Os fenomenos que se intitulam com a designação generica de *sorpcão*, de extraordinaria importancia em ciência do solo, têm como causa a tendencia á saturação dessas forças *eletromagneticas de superficie*.

Existe outra propriedade comum ás materias amorfas, que convem ser lembrada, resultante do fáto de serem irregularmente dispostas as particulas que as constituem. E' a seguinte: Qualquer que seja a direção em que se considerem essas materias, qualquer que seja a orientação em que elas se nos apresentem, encontram-se sempre sensivelmente as mesmas propriedades. Por consequencia, qualquer ponto de uma substancia amorfa deve apresentar a mesma côr, o mesmo brilho, a mesma dureza que todos os demais. Qualquer que seja a direção em que se investigue, a condução do calor e da electricidade se fará do mesmo modo. Nas mesmas condições estará o procedimento dessa substancia no que lhe respeita ás propriedades óticas.

Como as propriedades óticas das materias vão assumir neste curso certa importancia, por isso que elas prestam precioso auxilio na identificação dos cristais das rochas e dos solos, é conveniente que se recordem as principais leis da reflexão e da refração.

Quando, com auxilio de um espelho, se projeta sôbre a superficie da água um feixe delgado de luz, obtido limitando os raios solares diretos por meio de pequeno orificio praticado em lamina de pouca espessura de material opaco, observa-se o seguinte: (v. fig. n.º 6): O raio incidente AB divide-se em dois, no ponto em que toca a superficie da água. Um dêles penetra no liquido, caminhando, a partir do ponto de incidencia, com a direção BC, diversa da do raio incidente AB; por isso que com êle forma angulo evidente. Atravessando a água a porção deste raio, que nessa penetra, sofre *desvio*: êle se *refrata*, a luz sofre refração. A outra porção de luz de raio incidente não penetra na água. Ela tambem se desvia, mas em direcção ao ar, sofrendo reflexão; ela reflete-se.

Este fenomeno se repete sempre que um raio de luz atinge qualquer superficie polida de qualquer côrpo transparente, posio que nem sempre seja possivel reconhecê-lo e observá-lo

com facilidade. O raio luminoso se divide sempre em duas partes: uma que se refrata, outra que se reflete. E' graças á porção de luz refletida pelos corpos que temos percepção visual do mundo que nos cerca, podendo distinguirem-se os objetos pela sensação de fôrma, côr, brilho, etc.

As leis que regem os fenomenos de reflexão e de refração, conhecidas já na antiguidade, são muito simples. Vamos recorda-las.

Faça-se incidir um raio luminoso sôbre a superficie de agua tranquila. No ponto de incidencia admita-se que se eleve perpendicularmente uma linha que se denominará "*normal*". O raio incidente formará com essa linha um angulo a , facil de ser medido. O raio refletido fôrma, com a normal, angulo a , igual ao gerado pelo raio incidente. Eleve-se um plano que passe pelo raio incidente é pela normal: êle tambem passará pelo raio refletido. Esta observação permite deduzir as leis da reflexão: 1.^a — O angulo de incidencia é igual ao angulo de refração; 2.^a — O raio de incidencia, a normal e o raio refletido estão no mesmo plano. Essas são as leis da reflexão.

Quanto ao raio refratado, êle se coloca no mesmo plano do raio incidente. Se se prolongar para baixo a normal, verifica-se que o angulo B, formado entre ela e este raio é *menor do que o angulo de incidencia*. Isso demonstra que a luz, que percorre o espaço na razão de 300.000 quilometros por segundo, perde velocidade quando passa do ar para a água, exatamente como acontece a uma bala de fuzil que encontre um obstaculo ao seu movimento.

Em qualquer meio mais denso do que o ar, propaga-se a luz com velocidade menor do que nêle, em virtude da resistencia oferecida pela matéria mais condensada. Sendo a velocidade no ar:

$$V = 3,10^{10} \text{ cents/seg.}$$

(em que V é a velocidade da luz no ar) será o quociente $\frac{V}{V'}$

(em que V' é essa velocidade em outro meio qualquer) o *índice de refração*, em relação ao ar, da matéria a que V se refe-

rir. O índice de refração da água, por exemplo, é mais ou menos igual a $4/3$, isto é: $\frac{V}{V'} = 4/3$, ou, ainda :

$$V' = 3/4 V = 3/4 \times 300.000 = 225.000 \text{ km/seg.}$$

A determinação do índice de refração de qualquer matéria dada seria difícil e incomodo de obter-se se preciso fosse, em cada caso concreto, conhecer a velocidade com que a luz nela se propaga. Existe, felizmente, outro meio para verifica-lo: basta medir o angulo a de incidencia de um raio luminoso e seu angulo B de refração na materia em questão, porquanto :

$$\frac{\text{sen } a}{\text{sen } B} = \text{constante} = \frac{V}{V'} \text{ índice de refração.}$$

Se se define o índice de refração do ar fazendo-o igual a 1, serão maiores do que 1 todos os índices de refração das matérias que forem mais densas do que ele, por consequencia, de todas as matérias solidas. E' óbvio que assim seja : a luz encontra nessas materias maior resistencia á propagação, sua velocidade se torna inferiôr a $3,10^{10}$ cents/sy, o angulo de refração se torna menor que o angulo de incidencia.

E' o contrario o que acontece quando um raio luminoso, vindo de meio mais denso, penetra em outro, menos denso : a luz, neste ultimo, propaga-se com maior velocidade, o angulo de refração torna-se maior do que o de incidencia.

Em qualquer hipotese, o angulo de refração não pôde exceder de 90° . Por isso, a partir de certo angulo, quando um raio luminoso incide partindo de meio óticamente mais denso sobre outro menos denso, êle não o ultrapassa; reflete-se para o interior do mais denso. Esta é a unica exceção que sofre a regra segundo a qual todo raio luminoso, ao passar de um para outro meio, de densidade diferente, se divide em dois raios : um refratado e um refletido. Quando se verifica a exceção acima citada, só ha um unico raio refletido que encerra a totalidade da energia luminosa. Esta exceção é muito importante e tem papel saliente no fabrico de certos instrumentos óticos. Assim é que um prisma em angulo réto, com catetos de dimensões iguais, fornece ao lado da hipotenusa, reflexão total. Se a luz

incidir perpendicularmente á superficie de um dos catetos, sai pelo outro com desvio de 90° porque encontra a superficie da hipotenusa no interior do prisma sob o angulo de 45° , que é maior que o angulo de reflexão total do vidro, e igual a $40^\circ,5$. Prismas assim construidos permitem, entre outras applicações, a de facilitar traçarem-se angulos rétos.

Como as matérias amorfas têm constituição igualmente irregular em todas as direções, a reflexão da luz sôbre suas superficies, ou a refração, no interior delas, não sofrem modificações resultantes da direção. Essas matérias têm como característica ótica a refração simples, por meio da qual elas podem ser reconhecidas. Para compreender como se realiza este reconhecimento convem avivar os conhecimentos relativos á constituição íntima do raio de luz branca.

Em principios do seculo dezenove, andava o sábio francez Etienne Louis Malus ocupado em estudar a composição e as propriedades dos raios solares. Como no aposento que lhe servia de laboratório não lhe era possivel ter constantemente á disposição a luz de que carecia, arranjou-se de modo a poder captá-la em um espelho, depois de refletida por uma janela da casa que lhe fica fronteira. De módo geral, o dispositivo funcionava a contento, mas quando a janela e o espelho formavam determinado angulo, o raio luminoso se enfraquecia, quando se não extinguia completamente. Surgia êste fenomeno quando os angulos de incidencia andavam entre 53° e 56° e os planos de reflexão da janela e do espelho encontravam perpendiculares entre si. Nessas condições, a luz adquiria uma propriedade curiosa : não se refletia mais ; extinguia-se.

Malus chamou a luz assim modificada de “polarizada” e pôde determinar que, para cada matéria refletora existe determinado angulo de polarização total característico, por exemplo : 53° para a água, 58° para o sulfureto de carbono, etc.

Brewster estabeleceu um pouco mais tarde que entre o expoente de refração e êste angulo de polarização existe uma relação. Representa-se por o Y o angulo da polarização total ; chama-se de *lei de Brewster* a igualdade :

$$\text{tg } Y = \text{expoente de refração}$$

Mais tarde o celebre fisico e matematico *Fresnel* estabeleceu as bases dêste notavel e importante fenomeno.

A luz consiste em oscilações transversas, isto é, oscilações que se desenvolvem perpendicularmente a sua direção e em todos os sentidos no espaço.

Quando um raio luminoso penetra em uma placa de vidro, divide-se em dois : raio refratado e raio refletido, isto é, um penetra na placa de vidro e o outro volta para o ar.

E' claro que o raio refletido é o que oscila paralelamente ao plano da reflexão, e que o raio refratado oscila perpendicularmente. A placa de vidro age sobre a totalidade dos raios luminosos, funcionando como um crivo que deixa passar os raios que oscilam paralelamente á direção de suas malhas e regeita todos os outros.

A luz refletida compõe-se de ondas de determinada direção e é refletida, ou absorvida por uma placa refletora segundo esta esteja colocada paralela ou perpendicularmente ao plano do primeiro espelho ou, o que é o mesmo, conforme os planos de reflexão estejam paralelos ou cruzados.

A lei de tangente de Brewster apenas diz que a ação tamisante de uma placa de vidro transparente sobre os raios refletidos por uma matéria espelhante é mais forte quando os raios refletidos formam com os refratados angulos rétos. Neste caso, a totalidade dos raios refletidos são polarizados.

A decomposição da luz em duas partes, cada qual com direção de oscilação diferente, está relacionada, como se viu, com a colocação no espaço da placa de vidro ou de espelho sob determinados angulos dependentes um do outro.

Suponha-se que o espelho se torna cada vez menor até reduzir-se a pequena particula do tamanho de um ion. Compreende-se, sem mais explicação, porque corpos amorfos nos quais os pequenos espelhos se encontram ao lado dos outros, sem regularidade, *não polarizam a luz* que os atravessa. Todos os cristais, excetuando-se os casos que mais abaixo se estudarão, em virtude da constituição reticular, em virtude da qual os espelhos moleculares se acham dispostos segundo determinada orientação, polarizam mais ou menos a luz : *sempre existem angulos de polarização*. A luz, necessariamente, decompõe-se

em duas partes com direções de oscilação diferentes, por isso que a orientação dos pontos de massa forçosamente não são as mesmas em todos os sentidos. Com outras palavras: *Todos os cristais, feita apenas uma exceção evidente, que mais adiante se indicará, são birefringentes, distinguindo-se assim dos corpos amorfos, que são mono refringentes.* Em casos extremos, pode verificar-se esta dupla refração olhando-se através do cristal: *os objetos observados apresentam-se duplos.*

Isto acontece no spatho, um dos minerais mais birefringentes, descoberto em 1669, por ERASMUS BARTHOLIMUS.

Pode fazer-se a ideia clara desta propriedade do spatho observando através de um cristal desta substancia um ponto negro traçado sobre papel. Em vez de um, ver-se-ão dois pontos, tanto mais afastados quanto mais espêsso for o cristal.

Por outro lado, existe ainda uma direção no cristal, o *eixo ótico*, segundo o qual a dupla refração desaparece completamente. Este caso será estudado mais tarde.

Como ficou dito, a totalidade da luz se extingue desde que os planos de reflexão das placas sejam perpendiculares.

A mesma cousa, porém, com mais exatidão acontece com os cristais de spatho. Com êles constroem-se os nicois, empregados nos microscopios polarizadores, aparelhó indispensavel ao mineralogista, e a quem pratica a cienncia do sólo. Tome-se um cristal de spatho, cujo extremo esteja apropriadamente talhado e polido; seccione se-o em angulo de 55° e colem-se as duas partes com balsamo do Canadá. Si em uma de suas partes penetra um feixe luminoso, só emerge parcialmente. A outra parte é refletida pelas faces seccionadas, e desaparece.

A totalidade da luz que atravessa o prisma e chega á nossa vista é polarizada. Um prisma com as propriedades de que se descreveu é um *polarizador*. Si se observarem os raios polarizados através de outro prisma igual, que se denominará "*analisador*", como no espelho de MALUS, só se podem perceber-los quando o polarizador está paralelo ao analisador. Si êle está perpendicular, toda a luz desaparece.

Nas posições intermediarias, a luz apresenta intensidade variavel. Si se coloca entre nicois cruzados, isto é, entre dois prismas de spatho perpendiculares entre si, uma matéria amorfa, ou cristalina, portanto mono refringente, não se dá nenhum desvio da luz polarizada, o campo do microscopio permanece escuro, assim permanecendo mesmo quando se faz girar éssa materia.

Com isto, tem-se um meio seguro e simples para o reconhecimento das matérias amorfas e das cristalizadas, que como elas forem mono-refringentes.

4. A PRELEÇÃO

Estudando-se os caracteres das materias amorfas, tais como propriedades óticas iguais em todos os sentidos, evidenciadas pela mono-refringencia, chegou-se ao conhecimento das respectivas estruturas internas.

Viu-se que o nicol é um instrumento simples, que permite estabelecer o carater de refração das substancias; corpos amorfos entre nicóis cruzados, mostram-se escuros em qualquer posição.

Estabeleceu-se, ainda, que corpos construídos regularmente, com orientação reticular, só se mostram mono-refringentes quando se lhes observam os cristais segundo uma, ou, no máximo, duas direções perfeitamente determinadas. A estas direções dá-se o nome de *eixos óticos* dos cristais. Suas orientações relativas são características para cada sistema cristalino. Simples raciocínio demonstra que, para substancias regularmente construídas, essas importantes direções (eixos óticos) devem existir, pelo menos como consequencia do principio básico do fenomeno.

Volte-se ao spatho, tomado como tipo de substancia bi-refringente, e com êle faça-se nova experiencia. Observe-se, como no caso anteriormente descrito, um ponto negro traçado sobre papel: aparecem dois pontos, que indicam a existência de bi-refrigência. Si se gira horizontalmente o cristal, verifica-se que um dos pontos permanece parado e o outro descreve circunferência em torno dêle.

Chama-se o ponto fixo de imagem ordinária, o raio que lhe dá origem, raio ordinario. Ao ponto móvel e ao correspondente raio, denominam-se imagem extraordinaria e raio extraordinario.

Como se sabe, ambos os raios são polarizados. A vibração da luz efetua-se transversalmente á sua direção e em *um só sentido no espaço*; os planos de vibração dos dois raios são perpendiculares entre si.

Os raios ordinarios vibram, como demonstram os trabalhos de Swan, Glazebrook e Hosting (em continuação aos de Brewster), na mesma direção que no interior do cristal. Os

raios ordinarios caminham com a mesma velocidade em todas as direções, seguem pois as leis gerais de refração. Os raios extraordinarios não caminham com a mesma velocidade em todas as direções do cristal. A emergência de um raio extraordinario, depende do angulo de incidencia. E' necessario que haja um angulo tal que o raio ordinario coincida com o extraordinario ; estas condições correspondem á mono-refringencia. As direções em que a luz tem este procedimento são denominadas *eixos óticos* de cristal.

Quando se determina a presença de estrutura reticular, tem-se o suficiente para afirmar que a existencia de *um só eixo ótico* é obrigada por condições simples de simetria. Estas condições devem ser tais que permitam orientação das particulas da massa de matéria igual em todos os sentidos. A existencia de tais condições indicam possibilidade de um raio ordinário.

Efetivamente, a existencia de *um só eixo ótico* é limitada aos sistemas hexagonal e quadrático, que serão estudados particularmente mais adiante. Outras condições de simetria não permitem formação de um raio ordinario no cristal. Os dois raios polarizados, que sempre se formam pela refração, são *extraordinarios*. Suas velocidades de propagação dependem da direção em que caminham no cristal, por isso que as resistencias que têm de vencer são diferentes para cada direção. Fresnel foi o primeiro a reconhecer que as coisas de fáto se passam assim, demonstrando que a existencia de dois raios extraordinarios está ligada á presença de dois eixos óticos, como acontece nos sistemas cristalinos ortorhombico, monoclinico e triclinico. Si as relações de simetria atingem extremo, cai-se no aforismo bastante conhecido, segundo o qual os extremos se tocam.

Imagine-se uma casa de negocio na qual o dirigente adotou para arrumação das mercadorias catalogação demasiadamente minuciosa. Tal criterio é verdadeiramente incômodo : em pouco tempo a organização tornar-se-á tão complicada que um homem difficilmente poderá compreende-la. Chega-se a um ponto em que esta ordem se confunde praticamente com a desordem, visto ser impossivel encontrar-se com facilidade determinado objeto. Acontece com a luz, nos sistemas de cristais de

ordem perfeita, a mesma cousa que ao gerente da super-organizada sociedade. O *sistema cúbico* está neste caso.

Propriedades óticas iguais, em todas as direções, que nos corpos amorfos são consequencia de desordem na arrumação das particulas da massa — são, nos corpos cristalinos, resultante de estrutura perfeitamente organizada. Por isso, os cristais do sistema cubico não possuem dupla refração, são mono-refringentes ; não têm eixo ótico. Entre nicois cruzados, procedem do mesmo modo que os corpos amorfos : o campo permanece escuro, mesmo quando se gira a lâmina sob o microscopio. Oticamente, só se distinguem dos corpos amorfos pela forma simétrica.

Si se querem conhecer os diversos sistemas cristalinos, tem que estudar-se o procedimento da dupla refração e estabelecer si êles possuem um ou dois eixos óticos. Só de posse destes dados, se tem elementos seguros para classificar-lhes os sistemas cristalinos. Viu-se que os cristais bi-refringentes distinguem-se dos mono-refringentes porque, colocados entre nicois cruzados, iluminam o campo. Si se gira uma preparação de corpo bi-refringente entre nicois cruzados, ou entre as placas de “uma pinça de turmalina” (pinça de turmalina é um aparelho de polarização simples), observam-se dois fenômenos igualmente importantes para a determinação dos minerais.

Verifica-se que si a orientação do preparado guarda certa relação com o plano dos nicois ou da turmalina, fica inteiramente negro e desaparece. Isto indica a existencia da *direção de extinção* que, ou é paralela a uma das arestas do cristal, dividindo ao meio o ângulo formado por duas arestas, ou corre obliquamente ás linhas angulares e ás arestas. No primeiro caso diz-se que ha extinção *reta* ; no segundo *obliqua*. A extinção é um fenômeno muito evidente, não obstante a vista humana desarmada não ser bastante precisa para distinguir pequenas diferenças entre luz e escuro. Mas, com aparelhos auxiliares do microscopio, determina-se exatamente o momento da extinção. Pode medir-se assim, precisamente, a extinção, o que tem grande importancia para o reconhecimento dos minerais. Estes aparelhos, cuja teoria pertence ao dominio da alta ótica cristalografica, são : placa de gipsita, dando o vermelho

de primeira ordem, placa de calcita bi-refringente, de Calderon, e a placa de quartzo, de Bertrand, além de outros. Outro fenômeno que pode ser observado quando se estuda qualquer substancia bi-refringente com luz branca polarizada, é o aparecimento de côres brilhantes. A luz branca, como é sabido, é composta por todas as côres do espectro. Segundo se emprega luz paralela ou convergente, observam-se fenômenos diferentes. Si se coloca uma placa de gesso entre nicois cruzados e se ilumina com espelho plano, desde que a placa do cristal não coincida com o respectivo eixo ótico, observa-se uma pomposa mistura de côres que, em se girando o analisador, passam pelo branco, e dêle vão a todas as côres complementares. Este fenomeno é consequencia da interferencia dos diversos comprimentos de onda da luz branca. Sua intensidade depende, além de outras causas, da espessura de preparação. Este fenômeno tem utilidade na determinação dos minerais.

Na pratica, os fenômenos de interferência em luz fortemente convergente são muito mais importantes para a determinação dos minerais que os belos jogos de luz observados em luz paralela. Observam-se esses fenômenos, facilmente, lidando-se com lâminas finas, cortadas em cristais perpendicularmente ao eixo ótico, em se tratando de cristais monoaxiais, e perpendicularmente á linha que divide ao meio os eixos, quando êles são biaxiais.

Tratando-se de cristais monoaxiais, aparece figura composta de aneis coloridos, concentricos, cortados por uma cruz em angulo reto, preta quando as turmalinas ou os nicois estão cruzados; branca quando intercalados em posição paralela. Si o cristal não estiver cortado perpendicularmente ao eixo ótico, aparecem: ou conjunto de linhas retas coloridas, ou quatro grupos de hiperboles tambem coloridas, tendo um centro vasio. Estas figuras são sempre características dos cristais monoaxiais.

Si êle for cortado perpendicularmente á linha mediana que passa pelo angulo dos eixos, cada eixo, a que se denomina *polo*, aparece como ponto escuro, rodeado de aneis coloridos. Esse conjunto acha-se envolto em curvas formando 8, de linhas coloridas. Toda a figura se encerra em enquadramento, denominado "*lemniscata*", cortado por hiperboles escuras, que

passam pelos polos. Essas hiperboles afastam-se ou aproximam-se quando se imprime á preparação movimento giratorio.

Entretanto, se os cortes em estudo não tiverem orientação perfeita, as figuras aparecem mais ou menos modificadas, sem que se possa estabelecer confusão com a figura produzida por cristal monoaxial. De acôrdo com êstes fatos até agora expostos, podem compor-se tabelas para o reconhecimento de cristais á custa dos fenomenos da refração.

A : Substâncias mono-refringentes, sem eixo ótico (corpos isótropos).

(Com nicois cruzados : campo negro em qualquer ponto)

Corpos amorfos

Sistema cúbico

I

I

Texturas e formas irregulares | Arestas e faces regulares

B : Substancias birefringentes (corpos anisótropos).

(Com nicois cruzados : aparecem coloridos ; pela rotação da lâmina tornam-se ora claros, ora negros).

I *Cristais uni-axiais*

- | | | |
|--|--|--|
| 1) Arestas e planos reunidos em torno do eixo ternário ou senário. | | 2) Arestas e planos reunidos em torno do eixo quaternário. |
|--|--|--|

Extinção reta

Sistema hexagonal

Sistema quadrático

II *Cristais biaxiais*

- | | | | | |
|--|--|---|--|--|
| 1) Extinção sempre reta.

Sistema rhomboedrico | | 2) Extinção reta somente em planos isolados, na maioria dos casos, obliqua.

Sistema monoclinico. | | 3) Extinção obliqua em todos os planos.

Sistema triclinico. |
|--|--|---|--|--|

Denominam-se cristais, os corpos caracterizados por possuirem faces regularmente dispostas, quasi sempre planas, interceptando-se ângulos determinados e característicos.

Entende-se por *sistema cristalino* grupos de formas características dos cristais, possíveis de reunirem-se de acordo com leis geométricas simples, que servem de base ao sistema.

Para o sistema cubico esta forma básica é o cubo. Neumann denomina-o também sistema cristalino tesseral, partindo do vocábulo grego *tessera* — cubo. O cubo representa a simetria completa, isto é, nêle repetem-se exatamente do mesmo modo e em todas as direções do espaço, os mesmos ângulos e faces. Entre todas as formas cristalinas imagináveis, é a que possui mais *eixos de simetria*. Dentre êstes eixos, três são principais, porque ligam os pontos médios das faces opostas. Eles são iguais e cortam-se em ângulos retos. São eixos quaternários, por isso que as faces do cubo são quatro vezes simetricamente repetidas. Quatro eixos ternários formam ainda as quatro diagonais que ligam os ângulos opostos formados por faces opostas. Além disso, ainda se encontram seis eixos de simetria binária, partindo dos centros das arestas formadas por duas faces do cristal. O cubo possui ainda três planos de simetria que se interceptam em ângulo reto, seis planos binários de simetria e um centro de simetria. A natureza utiliza de tal modo estas particularidades que confere ao cubo, não obstante sua simplicidade, a significação de forma básica, a mais complicada de toda a cristalografia.

Para ter comparação, admita-se que um construtor, querendo erigir complicado edificio, utilize tijolos de forma comum e simples, rejeitando os que se afastem dela. Ninguem duvida de que êle possa conseguir edificação completamente harmoniosa empregando somente tijolos simples. Estes, em virtude da regularidade, e por conseguinte, da facilidade com que podem ser colocados uns sobre os outros, sem deixar espaços vazios, representam o material mais apropriado para tal fim.

A mesma coisa acontece na cristalografia. Não obstante, existe diferença fundamental. Concebem-se as diversas formas cristalograficas, não pela reunião de formas fundamentais, mas pelo corte orientado segundo planos de simetria. Em exercícios praticos, procede-se facilmente, também deste modo. Qualquer cristal possui a propriedade de fragmentar-se ou desarticular-se segundo direções de simetria. Por meio de cortes orienta-

dos em sentido paralelo ou perpendicular a todas as direções de simetria da forma básica, chegam a conhecerem-se as formas derivadas que se acham ocultas nela.

Entretanto, para não trabalhar de modo diferente do da natureza, devem ter-se em vista dois pontos :

1.º) — As formas derivadas devem ser sempre poliedros convexos ;

2.º) — Não se deve, em nenhuma circunstancia modificar a grandeza do angulo que, segundo as relações de simetria, é característica para a intercessão de duas superficies.

Si se cortam *todos os angulos*, ou *todas as arestas* de um cristal, obedecendo a todas as condições de simetria, obtem-se a forma denominada *holoédrica*. Si, porém, se corta somente a metade dos angulos ou das arestas, tem-se a forma hemiedrica. Tomando-se a forma básica "*cubo*", truncando-se todos os oito angulos, fazendo-se secções perpendiculares aos eixos ternarios de simetria, tão profundas quanto possível, obtem-se o octaedro regular, representante da primeira forma holoédrica do sistema cubico.

Repetindo-se a mesma experiencia com as arestas, obtem-se um corpo sólido muito mais complicado, o *dodecaedro rhomboidal* (de doze faces). Seccionem-se de novo as arestas do cubo, não mais por uma secção singela, mas por duplo "biselemento" : obtem-se um solido de 24 faces, o *tetrahexaedro*. Si se submetem os angulos ao processo denominado "*apontamento*", formam-se o trapezoedro de 24 faces e o *trioctaedro*, que possui o mesmo numero de faces. Finalmente quando se dobra o "*apontamento*", surge como ultima possibilidade o hexaoctaedro de 48 faces. As faces e os angulos característicos destas formas holoédricas podem não se mostrar inteiramente perfeitos no cubo. Aparecem então modificações da forma básica. Muito mais simples que as formas holoédricas, são as hemiedricas que, como já se mencionou, formam-se pelo seccionamento de somente metade das arestas ou dos angulos. Aos *octaedros* regulares correspondem os *tetraedros regulares* ; aos trapezoedros, os *tetraedros piramidais* ou tritetraedros. Do *tetrahexaedro*, com 24 faces, origina-se o *duodecaedro pentagonal*, com 12 faces ; do hexaoctaedro, com 48 faces o *diploedro* com 24.

As formas hemiedricas podem reunir-se ás formas básicas e holoédricas, resultando complicada variedade de cristais do sistema cubico.

5.ª PRELEÇÃO

O sistema cristalografico hexagonal tem como forma básica o prisma de seis faces. Ele possui um eixo cristalografico principal, tres eixos secundarios, que ligam as arestas opostas da base do prisma e se cortam em angulo de 60° , colocados em um plano orientado perpendicularmente em relação ao eixo principal.

Quando se seccionam as arestas perpendiculares do prisma, origina-se a forma holoedrica mais simples. Deste modo chega-se novamente a um prisma hexagonal, que se distingue do prisma basico porque seus eixos secundarios de simetria não ligam arestas opostas, mas o centro das superficies formadas pelo seccionamento das arestas. Denomina-se este prisma de *prisma hexagonal alterno*. Si se fizer biseladamente secção dupla nas arestas, obtem-se um prisma de 12 faces, designado por *prisma dodecagonal* ou *prisma dihexagonal*.

Se em vez de seccionarem-se as arestas longitudinaes, se cortam as das bases, aparecem duas piramides de seis faces ligadas pela base, o *dihexaedro*, de 12 faces.

Do prisma hexagonal alterno obtem-se, do mesmo modo, o *dihexaedro* alterno, que só difere do precedente pela posição de seus eixos secundarios. Por secções duplas do prisma basico, forma-se uma piramide de 24 faces, o *didodecaedro*.

Si, para obterem-se formas hemiedricas derivadas, se seccionam sómente tres arestas da base, chega se ao *rhomboedro de seis faces*, a forma típica do cristal do spatho que, como já se viu, é empregado na construção dos nicoes.

O romboedro fornece pelo biselamento o escaleonedro de 12 faces, conhecido como forma cristalina de calcita.

Se se cortam as faces laterais do prisma básico, de tal modo que o centro das bases se transformem em vértice da piramide que assim se forma, obtem-se o *prisma piramidado*. A êle pertence o muito conhecido *cristal de rocha*, forma principal com que se apresenta o *quartzo*.

Com isto esgota-se o numero possivel de formas de simetria do sistema hexagonal. Menor ainda é o numero de formas do sistema *cristalino quadratico*.

Sua forma básica é um *prisma quadrático*, apresentando um eixo principal, que liga os pontos médios das superfícies básicas; dois eixos secundários, perpendiculares entre si e ao eixo principal, ligando os pontos médios das duas faces opostas do prisma.

Seccionando-se os 8 ângulos da forma básica, chega-se ao *octaedro quadrático*, que se compõe de duas pirâmides de quatro faces reunidas pelas bases quadráticas.

O biselamento oblíquo das arestas verticais do prisma básico fornece o *diocaedro quadrático*.

Seccionamento simples das arestas verticais do prisma fornece o *prisma quadrático alternado*, semelhante ao prisma básico, com exceção da posição dos eixos secundários. Biselamento perpendicular fornece o *prisma octagonal* que, levando em conta as bases, tem 10 faces.

No sistema quadrático existe somente *uma* forma hemidrica: o *esfenóedro* ou *tetraedro quadrático*. Ele se forma pelo seccionamento alternado das arestas. O sistema cristalino *ortorrhombico* possui 3 eixos de simetria perpendiculares entre si e de comprimento desigual. O eixo principal liga os centros das bases na forma básica dos prismas rhombicos; os eixos secundários ligam as arestas opostas.

Em oposição ao sistema quadrático, possui o ortorrhombico 8 formas *holoedricas derivadas*.

1) O *macrodomo*, formado pelo simples seccionamento dos ângulos;

2) O *braquidomo*, formado pelo simples seccionamento dos ângulos, contando porém as arestas do prisma;

3) A *macropirâmide*, que resulta do biselamento oblíquo das arestas que tocam os ângulos obtusos;

4) *braquipirâmide*, formada pelo biselamento oblíquo das arestas que tocam os ângulos agudos;

5) O *macropinacoide*, resultante do simples seccionamento das arestas do prisma básico, correspondentes aos ângulos obtusos;

6) O *braquipinacoide*, formado por secções semelhantes, porem nas arestas do prisma basico correspondentes aos angulos agudos ;

7) O *octaedro rhombico*, resultante da truncatura simples das arestas basicas, e finalmente

8) O *prisma rectangular*, oriundo da truncatura simples da totalidade das arestas verticais do prisma.

Nas formas hemiedricas, como no sistema quadratico, ha uma só possibilidade : o *tetraedro rhombico* ou *esfenoide rhombico*.

A forma basica do *sistema monoclinico* é prisma inclinado com superficie basica rhombica, pelo meio da qual passa o unico eixo de simetria secundaria. (fig.) A unica forma holodrica importante é o *octaedro clinorhombico*, formado pelo seccionamento das arestas da base.

Não existem formas hemiedricas de importancia.

O sistema *cristalino triclinico* não possui eixo de simetria, mas somente *um centro de simetria*. Sua forma basica é um prisma com base paralelogrâmica duplamente inclinada. Dentre as formas derivadas, a mais importante é o *octaedro triclinico*, representado por uma dupla pirâmide truncada, na qual sómente cada duas faces são iguais.

Para que os minerais possuam cristais com o mesmo *habitus*, é necessario que se formem sob as mesmas condições de cristalização. Substancias ha que, em condições diferentes, cristalisam dois ou mais em sistemas diversos. Elas se denominam *dimorfas*. Assim o carbono por exemplo, sendo lento o resfriamento e grande a pressão, cristalisa como diamante ou, o que é mais frequente, no sistema hexagonal, como grafite. Outro exemplo é o enxofre que, em solução, cristalisa no sistema rhombico, em fusão no sistema monoclinico. Quando substancias cristalisam com forma igual ou muito semelhante, o que cientificamente se denomina *isomorfismo* e *homeomorfismo*, formam-se frequentemente cristais mixtos. Belos exemplos disso encontram-se na cristalização do $K_2Cr_2(SO_4)_4$ e $K_2Al_2(SO_4)_4$.

Todas as substancias isomorfas distinguem-se, como no caso presente, por *constituição quimica semelhante*.

Na natureza a formação completa de cristais só é possível quando existe *espaço suficiente para o desenvolvimento completo da forma*.

No caso contrario, permanecem os ângulos e as arestas características, porem o aspecto do cristal é inteiramente diferente (Diz-se que ha *obliteração*). A deformação mais comum é o crescimento simultaneo de dois ou mais cristais em um só formando o que se denomina *macla*. Muito frequente é a formação de maclas compostas de numerosos cristais reduzidos a finas placas que lhes dá *aspecto estriado*. O aspecto estriado das maclas é caracter diferencial importante para uma serie de minerais do solo que mais tarde se estudarão.

Existem ainda muitas outras formas de aglomeração de cristais que só se estudarão mais tarde, quando se tratar isoladamente dos mais importantes minerais.

Para os mineralogistas, os principais pontos que determinam os caracteristicos diferenciais de importancia são as propriedades óticas até agora estudadas e a exata determinação da forma cristalográfica. Eles podem dar-se ao luxo de preparar córtes delgados de rochas, etc. e pesquisas sobre um material que, algumas vezes já se acha na forma ideal, outras vezes é necessario chegar a éla por simples medidas. Tem alem disso geralmente necessidade de pesquisar determinados minerais, existentes em pequena quantidade e que para êles possuem particular interesse.

Inteiramente diverso é o material de estudo e o objetivo do pedologo. Já se fez notar que seu material de estudo, o solo, contém mistura de muitos minerais, fraccionados em pequenas particulas. Além disso, a preparação de finas lâminas com determinada orientação, partindo deste material, é extremamente difficil e dispendiosa, quando não impossivel.

O interesse do pesquisador de solos é: formar rapidamente idéa de conjunto; determinar aproximadamente, e si possível quantitativamente, os minerais que nele se contém, isto é, quantas especies de minerais existem nele e em que quantidade. Esta mistura de particulas minerais constitue o que se denomina *reserva mineral do solo*. Ela é de grande importancia para a avaliação da duração da fertilidade das terras, principal-

mente nos trópicos. Por isso estabeleceram-se, como já se disse, processos simples para as pesquisas mineralógicas do solo, com os quais podem avaliar-se rapidamente a quantidade dos minerais mais importantes.

Póde desde já relatarem-se estes processos, mesmo antes de tratar particularmente de cada mineral.

Eles são especialmente estudados para empregar-se em pesquisas acerca do que se denomina terra fina, isto é, para as particulas de solo que possuem diametro maximo de 2mm. que se separam, por meio de crivo das partes de maiores diametros denominadas cascalho, quando não excedem 2cm. de diametro, e seixos, ou pedras, quando ainda maiores.

Cascalho, seixos e pedras, em regra, não são minerais isolados, aglomerados de particulas diversas, isto é, um agregado de minerais que, em virtude de tamanhos, podem facilmente ser determinados pelos métodos mineralógicos gerais.

Quando se tamisa alguma quantidade de terra por crivo de 2mm. de malha, observando o residuo com uma lente, verifica-se certa particularidade, apenas perceptivel em solos de clima frio, pouco evidente nos solos sub-tropicais, muito frizante em solos tropicais. Os *grumos*, isto é, as particulas mais ou menos estaveis dos agregados apresentam tal riqueza que muitas vezes atinge á consistencia dos restos das rochas ou dos minerais.

Deuss os denominou muito acertadamente de "pseudo-areia". Eles se constituem disso que a quimica coloidal chama de "particula de ordem superior".

Nos climas frios e temperados, cada particula do solo acha-se envolta em materia organica : o humus. Nos trópicos e sub-trópicos, onde o teor em humus é baixo, quando não deixe de existir, élas se cobrem com pelicula de hydroxydo de ferro, manganez, etc.. Esses envolveros impedem o reconhecimento dos minerais que constituem as particulas.

Por isso não é possivel estudar os solos, do ponto de vista mineralógico, lançando mão, diretamente, dos métodos gerais da mineralogia. Cumpre, antes, eliminar os revestimentos de humus ou de oxydos, que impedem o reconhecimento dos minerais.

E' necessario "peptisar", a pelicula, isto é dispersar pela agua as particulas e conseguir assim destruir a pseudoareia, pondo os minerais na forma natural.

A dispersão do material do solo mais ou menos grosseiramente conglomerado, ou em terminologia da quimica coloidal: "coagulado", é tanto mais ativa quanto mais fôr o alcali existente na agua utilizada para a dispersão do solo.

Emprega-se para isso amonea, ou um soluto diluido de soda com que se agita longamente o solo. Ultimamente demonstrou-se que são ainda mais ativos o carbonato de lithio, o soluto de borax ou de oxalato de sodio alcalanisado, que não só peptisam melhor as substancias do solo como tambem solubilisa o humus porventura existente.

São estas mesmas substancias que mais tarde encontraremos como agentes de peptisação na chamada "analise mecanica do solo", isto é, na separação de suas partículas em classes distintas de tamanho de grãos. As frações obtidas pela analise mecânica do solo constituem em regra, o material empregado na analise mineralogica. O limite inferior dessas pesquisas acha-se no que se denomina *areia fina*, isto é, nos grãos de diametro compreendido entre 0,2-0,02 mm. Disso resulta, que só se utilizam as frações, *areia fina* e *areia grossa*, esta com diametro entre 0,2 e 2mm. As particulas mais finas consistem essencialmente, como a pratica o demonstrou, em material amorfo, resultante da decomposição dos minerais, importante sob o ponto de vista da química coloidal, alem de minerais praticamente inatacaveis pelo intemperismo, como o quartzo e o pó de vidro acido. Si não fôr possivel utilizar, as frações de areia fina e grossa obtidas de uma analise mecanica do solo, consegue-se material para as investigações peptisando a amostra e selecionando, por meio da agua, as porções adequadas.

A velocidade de queda de uma particula solida em um liquido depende do peso, da relação entre seu peso especifico e o do liquido, do *atrito* que, por sua vez, é condicionado pelo tamanho e pela forma da partícula. Todos os fatores estão reunidos na chamada formula de *Stokes* que, para as substancias do solo, tem a forma simples de $V = 46900. d^2 \text{ cents. } / \text{mm.}$

Nela, V representa a velocidade em cents. por minuto, d o diametro das particulas em m/m. Como se considerou que as mais finas particulas têm 0,02 de diametro, póde conhecer-se a velocidade de queda que corresponde: $V = 45900 \times 0,0004 = 1-8$ cm/min. Colocando-se em cilindro de 18 cm. de altura a dispersão de solo peptisado, em 1 minuto toda a areia fina está no fundo do recipiente. Ela apresenta-se, naturalmente, impurificada, mas repetindo a operação, obtem-se a pureza exigida.

Se, depois de 10 minutos, a agua sobrenadante se mostra praticamente clara, tem-se sómente o material de pesquisa desejado: areias fina e grossa. Se se verificar que existem ainda pseudoareia e películas de hydroxido de ferro, só resta um recurso: trata-la por acido cloridrico a 10%. Este processo é pouco aconselhavel, só devendo adotar-se em casos extremos.

Em HCl a 10% todos os carbonatos de calcio e de magnesio se dissolvem com desprendimento de CO_2 . E', pois, necessario prestar atenção ao possivel desenvolvimento de gazes.

Compreende-se que o residuo deste tratamento, para poder ser utilizado em pesquisas mineralogicas, deve ser cuidadosamente lavado em agua distilada afim de retirar todo o vestigio de acido ou alcali. Depois, seca-se a 105-110. $^{\circ}$ C durante uma hora.

Quando se observa no microscopio a mistura de areia fina e grossa, verifica-se em geral que são muitas as especies de minerais presentes. Se assim fôr, começa-se dividindo os minerais em grupos para facilitar as determinações. Conseguise isto graças ás diferenças dos *pesos especificos dos minerais*. Deve notar-se que esta separação não é rigorosa, mas basta amplamente para a apreciação da reserva mineral do solo.

O número de minerais, cuja classificação e determinação quantitativa são suficientes para a caracterisação dessa reserva, é muito pequeno. São apenas as seguintes:

- 1) Quartzo, que é o que forma a parte mais importante do esqueleto, solo, sem valor para a alimentação vegetal.
- 2) Vidros vulcanicos.
- 3) Feldspatos e seus succedaneos: Nephelina, leucita, sodalita;
- 4) Micas;

- 5) Amphibolios e pyroxenio ;
- 6) Minerais primarios de calcio e magnesio ;
- 7) Minerais contendo acido fosforico ;
- 8) Ferro primario e minerais do titanio ;
- 9) Minerais secundarios e pequenas concreções.

Eles se dividem, segundo os pesos especificos, em 3 grandes grupos :

I Grupo. Peso especifico maior que 2,9 :

- Dolomita e aragonita ;
- Mica magnesiana fresca (Biotita flogopita) ;
- Amphibolios e pyroxenios ;
- Apatita
- Glauconita.

Alem destes, aparecem outros, pequenas quantidades, com peso especifico, maior que 2,9, sem importancia agricola. Os mais comuns são :

Magnesita, turmalina, almandina, rutilo, anatasio e Zirconio :

Os minerais cujos pesos especificos estão compreendidos entre 2,9 e 2,6 são os seguintes :

II Grupo. Peso especifico 2,9 - 2,6 :

- Plagioclasios ;
- Quartzo ;
- Mica potassica (moscovita) ;
- Mica magnesiana (Biotita) alterada ;
- Calcita ;
- Clorita.

III Grupo. Peso especifico menor que 2,6 :

- Orthoclasio ;
- Leucita ;
- Nephelina ;
- Gipsita ;
- Vidros vulcanicos.

Material em decomposição, pseudoareia e minerais secundarios exceto os do ferro.

Como material secundario compreende-se o que se formou no proprio solo em consequencia de reações mais ou menos complicadas.

As diferenças dos pesos especificos dos minerais enumerados não são grandes. Não obstante, são suficientes para permitir, com manipulações simples, separação por grupos. Basta que o material seco seja lançado em liquido de peso especifico igual a 2.9. Deste modo o grupo I, que é o mais pesado, cái totalmente ao fundo enquanto que os grupos II e III ficam em suspensão.

O bromoformio é o liquido utilizado para estes fins. Excetuando-lhe as propriedades entorpecentes, não apresenta nenhum perigo desde que se evite respira-lo, protegendo os dedos com luvas de borracha.

Para a separação dos mineraes uuilisa-se o processo da Theoprosation Buitenzorg, que aperfeiçoou os metodos de analise mineralogica do solo. Consiste no emprego de pequeno funil de cólo longo, no qual se liga tubo de borracha de dez centimetros de comprimento, para torna-lo ainda mais longo. A borracha é inferiormente fechada por uma pinça.

Prende-se o funil em dispositivo adequado, enche-se com bromoformio e agita-se. Após quinze minutos as particulas mais pesadas acham-se depositadas no tubo de borracha. Isto póde ser facilmente verificado agitando novamente e observando se cessou a queda de particulas após segunda agitação. Facilita-se a passagem das particulas aderentes ás paredes do funil, deslocando-as com pena de galinha que se corta de modo adequado. Finalmente, fecha-se a parte superior do tubo de borracha com outra pinça e despeja-se o conteúdo, composto por minerais do I grupo, em vidro de relógio. Depois de evaporado o liquido, aquece-se em estufa a 105° e pesam-se os minerais. Si se tiver trabalhado com quantidade conhecida de material pesando 5 gramas póde facilmente calcular-se a percentagem do grupo I.

Na superficie do bromoformio flutuam as particulas dos grupos I e III. Feita a separação, por filtração, seca-se o residuo que se lança em soluto de 80 % de bromoformio e 20 % de cloroformio. Este soluto tem peso especifico de 2,6.

Terminada a sedimentação encontram-se na borracha todas as particulas minerais do II grupo, na superficie do liquido sobrenadam as particulas do III grupo.

Os residuos do funil e da borracha são secados e pesados.

Com isto está terminada a separação dos minerais em tres grupos.