

00273  
FL-PP-00273

~~Instituto Agronômico~~ do Norte

**Ministério da Agricultura**

**BORRACHA NATURAL**  
**E**  
**BORRACHA SINTÉTICA**

**NATURAL RUBBER AND SYNTHETIC RUBBER**

Conferência realizada em 5 de Novembro de 1943

**Instituto Agronômico do Norte**

**Belém—Pará—Brasil**

por

**Norman Bekkedahl, B. S., M. S., Ph. D.**

**Membro do National Bureau of Standards**

**Washington, D. C., EE. UU.**

em missão diplomática e cultural como

Chefe do Laboratório de Borracha

Instituto Agronômico do Norte

**Belem—Pará—Brasil**



# Borracha Natural e Borracha Sintética <sup>(\*)</sup>

pele

**Dr. Norman Bekkedahl <sup>(\*\*)</sup>**

Qual a melhor borracha — a natural ou a sintética? Pode a primeira competir com a segunda? São duas importantíssimas questões que se nos apresentam frequentemente e cuja solução é demasiado complexa para ser resumida em uma ou duas palavras. Propomos-nos, na palestra de hoje, a discutir êsses dois assuntos, ao mesmo tempo que visamos tirar algumas conclusões a respeito.

Voltemos o nosso olhar a um passado não muito recente e, baseados em um critério mais ou menos científico, transportemo-nos ao presente. A história da borracha teve origem neste país. Foi nas florestas da Amazônia que surgiu, à luz da história, a árvore da borracha. Não tardou, porém, que a fizessem emigrar para outras regiões. Em 1876, Sir Henry Wickham, enviando para o exterior 70.000 sementes de *Hévea brasiliensis*, colhidas no Vale do Tapajós, deu lugar a que se iniciassem, no Extremo Oriente, as primeiras plantações de seringueiras.

A procura da borracha, a princípio muito limitada, cresceu rapidamente com o desenvolvimento da indústria de pneumáticos para bicicletas e, mais tarde, de pneumáticos para automoveis. O aumento da procura determinou, como consequência lógica, a intensificação da produção. Elevou-se a tal ponto a produção da borracha de cultura que já em 1914, igualou a produção da borracha silvestre e, em 1939, o último ano normal antes da guerra, as seringueiras de cultura for-

---

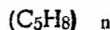
(\*) Conferência realizada em 5 de Novembro de 1943, no Instituto Agrônomico do Norte, Belém—Pará—Brasil.

(\*\*) Membro do National Bureau of Standards, em Washington, D. C., EE. UU., em missão diplomática e cultural, como Chefe do Laboratório de Borracha do Instituto Agrônomico do Norte, Belém, Pará, Brasil.

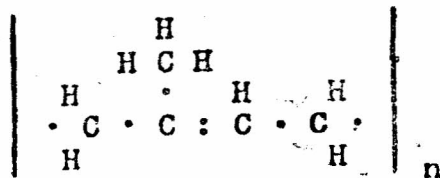
neceram cerca de 97% da produção mundial. Até 1919, em virtude de a procura superar a produção, o preço manteve-se compensador, chegando a atingir e ultrapassar a importância de \$3.00 (moeda americana), por libra de borracha. Entretanto, já em 1920, o aumento progressivo da produção fez com que o preço baixasse a 20¢ a libra. Com a organização da restrição da venda da borracha, o preço elevou-se, chegando a mais de \$1.00 a libra, em 1925; mas em 1933, o preço caiu ao mais baixo nível conhecido, a menos de 3¢ a libra. Durante os últimos anos que precederam a guerra, a borracha era, em geral, vendida à razão de 20¢ a libra e esse preço parecia satisfazer igualmente a produtores e consumidores.

A ciência procura sempre obter, artificialmente, produtos naturais, e a borracha não se podia furtar à regra geral. A finalidade do cientista não consiste, apenas, em produzir material barato. Ele procura, algumas vezes, obter um produto mais uniforme e de qualidade superior. Em outros casos, é compelido, pelas circunstâncias, a fabricar sinteticamente um produto, quando há escassês do produto natural, o que ocorre frequentemente em tempo de guerra. Seja pela primeira ou pela segunda das razões citadas, o fato é que a borracha sintética vem sendo manufaturada, em larga escala, nos Estados Unidos da América do Norte, na Rússia e, também na Alemanha.

Os trabalhos de pesquisa relativos à fabricação da borracha sintética têm-se processado muito lentamente. No ano de 1826, um químico de nome Faraday analisou, pela primeira vez, a borracha natural e verificou que ela se compunha de carbono (C) e de hidrogênio (H), na proporção atômica de 5 para 8. Daí podermos representá-la pela fórmula química seguinte :



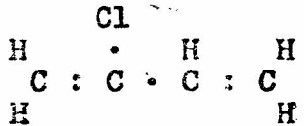
Prosseguiram-se as análises e pôde-se, então, determinar sua fórmula estrutural :



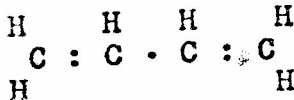
O valor de n é da ordem de 1.000, o que significa haver mais ou menos esse número, de unidades acima referidas, ligadas umas às outras na forma de uma longa cadeia representando uma única molécula. Uma vez determinada essa fórmula, os químicos deram início às primeiras tentativas no sentido de sintetizar a borracha natural. Partiu-se de um líquido de baixo ponto de ebulição, denominado iso-

prena, que possui a mesma fórmula empírica da borracha  $(C_5H_8)_n$ , tendo, porém, como valor de  $n$  a unidade. Esse método de pesquisas não deu resultados satisfatórios no laboratório, apesar de se admitir, geralmente, que a própria natureza usa processo semelhante para a elaboração da borracha na planta.

Pouco depois de 1930, na Alemanha, na Rússia e nos Estados Unidos, os químicos deram começo a um novo trabalho de pesquisas, visando obter tipos de borracha sintética quimicamente diferente da borracha natural. E lograram melhores resultados. A Companhia Du Pont, nos Estados Unidos, conseguiu preparar uma borracha sintética que foi denominada "Neoprene" partindo da cloroprena, líquido que tem a seguinte fórmula :



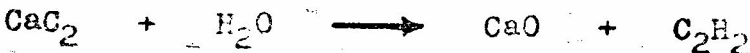
Vê-se que a fórmula dessa substância é quasi idêntica à da isoprena, diferindo, apenas, por ter um átomo de cloro no lugar do radical metilo ( $\cdot CH_3$ ). Os russos e os alemães desenvolveram seus trabalhos de produção da borracha sintética, tomando como ponto de partida uma substância quimicamente muito semelhante, que não apresenta, porém, nem o radical metilo nem o cloro ligados à cadeia principal. Trata-se de um gás chamado budadiena, que tem a seguinte fórmula :



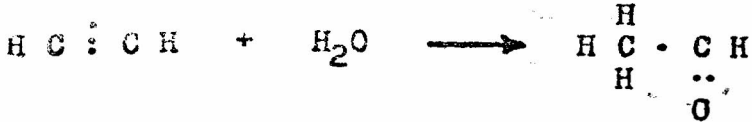
Vamos tentar descrever, mais detalhadamente, a fabricação da borracha sintética de butadiena, uma vez que esta substância é a mais simples das já mencionadas. Na Alemanha, o processo se inicia com adição de carvão, constituído, em sua maior parte, de carbono (C), à cal virgem, que é óxido de cálcio (CaO). A reação é provocada pela corrente elétrica, produzindo-se carbeta de cálcio e monóxido de carbono, como se verifica pela equação :



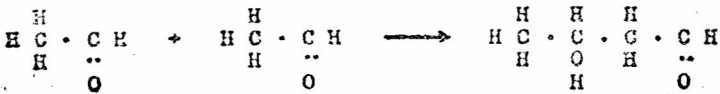
Deixa-se de lado o monóxido de carbono, que não tem utilidade no preparo da borracha, mas o carbeta de cálcio ( $\text{CaC}_2$ ) é posto a reagir com a água ( $\text{H}_2\text{O}$ ) para formar o gás acetileno ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ) e o óxido de cálcio :



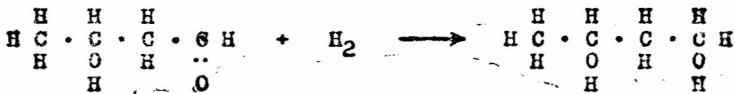
O gás  $C_2H_2$  melhor representado pela sua fórmula estrutural,  $HC \equiv CH$ , também é posto a reagir com a água, formando o acetaldeído :



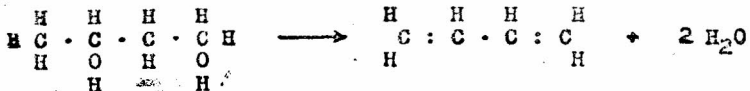
Cada molécula de acetaldeído reage com outra exatamente idêntica, formando uma substância denominada aldól :



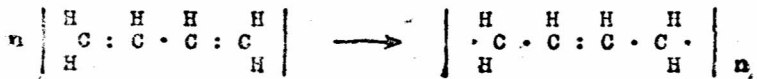
Quando, em seguida, se adiciona gás hidrogênio ( $H_2$ ) ao aldól, forma-se butilenoglicól:



Este butilenoglicól perde quatro átomos de hidrogênio e dois de oxigênio, formando duas moléculas de água e uma de butadiena :



E' o gás butadiena que, finalmente, polimerizado, isto é, posto a reagir consigo mesmo, forma um dos tipos de borracha sintética.

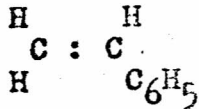


Os químicos alemães provocaram esta última reação, adicionando uma pequena quantidade de sódio metálico (Na), como catalizador ou ativador. O nome "Buna", dado a essa borracha, teve sua origem nesta reação; a sílaba "Bu" de butadiena foi ligada à sílaba "na", símbolo químico do sódio (Na).

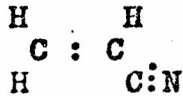
No preparo da butadiena, podem-se empregar outros processos que não o do carvão e cálcio virgem. Anuncia-se, recentemente, que a Alemanha fabrica uma parte de sua butadiena partindo de subprodutos provenientes de fábricas de gasolina sintética. Na Rússia produz-se borracha "Buna" por meio de mais dois outros processos. Quando o produto intermediário, a butadiena, provém do petróleo, a bor-

racha resultante é conhecida, na Rússia, por SKA; e, quando preparada de álcool de batata fermentada, a borracha é denominada SKB.

Verificou-se, posteriormente, que quando certas substâncias são adicionadas à butadiena, para reação final de polimerização, melhores qualidades de borracha são obtidas. Se moléculas de estirena, por exemplo,



forem colocadas na cadeia molecular, obtém-se um produto conhecido por "Buna-S", em que a letra S (do alemão "Styren") indica a presença de estirena. Se moléculas de acrilonitrilo.



forem intercaladas na cadeia, a borracha resultante será denominada "Buna-N" ou "Perbunan". A letra N indica a presença de nitrogênio. Há ainda muitos outros tipos de borracha sintética, dos quais não trataremos por falta de tempo. Alguns são quimicamente muito semelhantes às Bunas que acabamos de descrever, enquanto outros são diferentes. Além das borrachas sintéticas anteriormente mencionadas, a Rússia também possui a sua "Sovprene"; o Japão os tipos "Mustone" e "Thionite"; a Polônia a sua "Ker"; e os Estados Unidos "Neoprene", "Koroseal", "Thiokol", "Vinylite", "Vistanex", "Butyl", "Chemigum", "Hycar", "Ameripol" e outras.

As borrachas "Buna-S", como a borracha natural, são hidrocarbonetos, isto é, suas moléculas contêm somente carbono e hidrogênio. Por essa razão elas se entumescem e deterioram, quando em contacto com óleo, que é, também, um hidrocarboneto. As borrachas do tipo "Buna-S" são as que mais se assemelham à borracha natural. Os tipos "Buna-N" e "Neoprene" contêm nitrogênio e cloro, respectivamente, não sendo, portanto, hidrocarbonetos. Apresentam ótima resistência ao óleo e são superiores à borracha natural e à do tipo "Buna-S" para fabricação de artigos tais como mangueiras de gasolina, gachetas, etc. As borrachas do tipo "Neoprene" contêm, por sua vez, tão elevada porcentagem de cloro que se tornam resistentes ao fogo. Preferem-nas, por isso, para os lugares onde há perigo de incêndio.

Todas as borrachas sintéticas têm a propriedade de absorver energia vibratória, de modo mais eficiente que a borracha natural. Isto significa que, se uma camada de borracha sintética for colocada entre uma determinada máquina que trepide e o pavimento que lhe ser-

ve de base, a propagação da trepidação será menor do que se a camada interposta fôr de borracha natural. Esta propriedade que torna preferível a borracha sintética no caso já mencionado, é, entretanto, uma das maiores desvantagens, quando se têm em vista outras finalidades. A energia absorvida é transformada em calôr, e isso constitue, justamente, como veremos adiante, o que é preciso evitar no caso dos pneumáticos.

O tipo de borracha utilizado na fabricação de pneumáticos é o que mais interessa à indústria, porque mais de 50 % da produção mundial, em tempos normais, é utilizado para êsse fim. Muitos ensaios têm-se realizado com o objetivo de comparar pneumáticos produzidos com diferentes tipos de borracha. Uma experiência muito interessante foi levada a efeito nêsse sentido, inserindo-se pares termoeletrônicos no tecido interno e na banda de rodagem dos pneus, em vários pontos, para medir a temperatura dos mesmos, quando em movimento. O calôr produzido pela flexão ou vibração dos pneumáticos causa um aumento consideravel de temperatura que, não raro, é suficiente para levar água à ebulição. Verificou-se que os pneumáticos se aqueciam muito mais sob condições de alta velocidade, porque a vibração era naturalmente maior. Observou-se, tambem, que em todos os casos, os pneumáticos feitos de borracha sintética apresentavam maior aquecimento que os produzidos de borracha natural. Isto, entretanto, era de se esperar, uma vez que as borrachas sintéticas absorvem maior quantidade de energia vibratória que a borracha natural, de acôrdo com o que já foi dito anteriormente.

O aquecimento dos pneumáticos ocorre, de um modo geral, nas partes de junção da borracha com o tecido. A alta temperatura pôde ocasionar a desagregação da borracha e da lona e, dessa maneira, estragar prematuramente o pneu. Do exposto se conclue que o pneumático feito de borracha sintética não oferece tanta segurança quanto o fabricado de borracha natural. Se o motorista estiver disposto a se limitar a pequenas velocidades, de modo a não provocar excessivo aquecimento dos pneus, poderá observar que um pneumático de borracha sintética dura até mais do que um de borracha natural. Acontece, porém, que êle deseja manter o carro em grande velocidade, através de estradas cheias de altos e baixos, aquecidas pelo sól, e usufruir, ainda, da vantagem de contar com a máxima segurança possível. Nêste caso êle prefere, se fôr necessário, pagar mais por um pneumático que lhe proporcione segurança, que por um que lhe dê apenas quilometragem.

Poder-se-ia, naturalmente, chegar a um acôrdo na indústria de pneumáticos. Fabricar-se-ia a banda de rodagem, ou zona de desgaste do pneu, com borracha sintética e a parte interna com borracha natural, ou o pneumático todo com uma mistura dos dois tipos de borracha. Entretanto, em qualquer um dos casos, cumpre sempre sali-

entar que, quanto maior a porcentagem de borracha natural, tanto maior a segurança e a resistência do pneumático a um desgaste prematuro. Devemos, todavia, considerar que a borracha sintética, graças a pesquisas e ensaios que, continuamente, se realizam, será possivelmente melhorada. E por que razão, também, não melhorar a borracha natural ?

Não há duvida que, em caso de necessidade, tanto a borracha sintética como a natural poderão suprir as necessidades mundiais. Entretanto, baseados no que ficou exposto, somos levados a concluir que, nos mercados internacionais, haverá sempre lugar para os dois tipos de borracha, independentemente de preço. O consumidor paga mais pelo tipo que lhe der melhor produto. Em se tratando, porém, de casos em que a escolha é indiferente, preferirá, de certo, o mais barato.

Será difícil predizer, agora, o preço da borracha natural ou da sintética, após a guerra. No Brasil, atualmente, uma borracha natural de boa qualidade tem, mais ou menos, o mesmo preço que a mais barata das sintéticas. O número da revista "Time", de 31 de Maio deste ano, anuncia que a borracha sintética "Buna-S" está sendo vendida, nos Estados Unidos, à razão de 36¢ a libra, o que corresponde a 16 cruzeiros por quilo, mais ou menos. A borracha do tipo "Neoprene" é um pouco mais cara. Os preços das borrachas sintéticas são ainda mais elevados em outros países, em virtude da falta de petróleo, que é a fonte de matéria prima mais barata. Nas borrachas produzidas de carvão e cálcio virgem, a grande soma de energia elétrica empregada contribue para encarecer o produto. Quando a matéria prima utilizada é um cereal ou batata, como no caso da borracha russa e de alguns dos tipos norte-americanos, o preço se eleva, por serem necessárias algumas libras de álcool (obtido pela fermentação de produtos agrícolas) para ser produzida apenas uma libra de borracha.

A borracha já vinha sendo utilizada em larga escala. Com a guerra, sua procura cresceu consideravelmente, e é de se supor que se mantenha nesse nível, para o futuro. Construir-se-ão carros novos, automóveis de último tipo. E os fabricantes de pneumáticos terão de abastecer as fábricas de automóveis. Aparecerá uma infinidade de artefatos novos. Surgirão outras aplicações. Há casos em que a borracha pode substituir, com vantagem, até o aço. Os tanques de guerra, inicialmente, corriam sobre esteiras de aço, que se desgastavam com facilidade e tinham de ser substituídas de 1.500 em 1.500 quilômetros, mais ou menos. Hoje, poderosos tanques das Nações Alladas rolam sobre esteiras de borracha, o que não só lhes proporciona adesão mais fácil e deslize mais suave, como também lhes aumenta cinco vezes a durabilidade. Outro caso que deve ser mencionado aqui e que vai, certamente, intensificar a procura e, conseqüentemente, a produção, é o emprego de uma pequena parcela de borracha no asfalto destinado à pavimentação das ruas. A borracha adicionada ao as-



falto evita que o mesmo se torne quebradiço nos climas frios, ou que se amoleça e derreta nos climas quentes.

A borracha natural, além de ser utilizada na fabricação de artigos de boracha, é também usada como material básico ou matéria prima, na preparação de vários outros produtos. O clóro ( $\text{Cl}_2$ ) ou o bromo ( $\text{Br}_2$ ), por exemplo, podem, em reação com a borracha, formar um pó de utilidade na confecção de uma tinta resistente aos ácidos. O gás ácido clorídrico ( $\text{HCl}$ ), reagindo com a borracha, produz uma substância empregada na fabricação de um produto transparente, impermeável e de grande beleza, muito semelhante ao celofane. Adicionando-se quimicamente o gás hidrogênio ( $\text{H}_2$ ) à borracha, forma-se uma substância usada no preparo de vernizes e adesivos. Estes últimos produtos são feitos, exclusivamente, de borracha natural. Há, ainda, uma infinidade de produtos que estão sendo fabricados de borracha natural, e muitos outros serão fabricados no futuro.

Quando, em 1876, as sementes de "Hévea" foram retiradas do Brasil e levadas para o Extrêmo Oriente, Sir Henry Wickham pôde ter sido muito feliz na seleção dos melhores tipos de arvores produtoras de borracha. Desde que, porém, as sementes eram originárias de uma pequena zona do país, é bem pouco provavel que êle tenha conseguido sementes de todas as variedades de Hévea. Outras seringueiras devem existir nas matas amazônicas, capazes de produzir borracha em abundância e de qualidade até superior. Novos híbridos de alta produção e resistentes à moléstia da folha, deverão ser obtidos, para o futuro. E que dizer das borrachas de Tapurú, de Mangabeira, de Castilho e outras? Por que desprezâ-las? Urge que se espalhem botânicos pelo interior das florestas e que se ponham em atividade os químicos do país: os primeiros para descobrir novas fontes produtoras de borracha natural e os segundos para realizar pesquisas e estudos relativos aos seus produtos.

Os ingleses e holandeses conseguiram grande êxito em suas plantações, por meio de contínuas pesquisas científicas. Antes da invasão japonesa, havia, no Extrêmo Oriente, quatro importantes institutos, localizados em Java, Malaia, Sumatra e Ceilão, cuja finalidade consistia em realizar pesquisas e estudos concernentes às seringueiras e ao melhoramento da borracha. Mantinham cursos de instrução para nativos e seringueiros, e procuravam, dessa maneira, disseminar métodos mais aperfeiçoados e conhecimentos novos. Felizmente, os resultados obtidos não se perderam; já haviam sido publicados e, hoje, estão ao nosso alcance. Cumpre-nos, apenas, continuar as pesquisas interrompidas. O Brasil não poderá, de modo algum, deixar abandonadas suas amplas possibilidades em assunto de borracha.

# Natural Rubber and Synthetic Rubber (\*)

by

**Dr. Norman Bekkedahl** (\*)

Which is the better rubber, — the natural, or the synthetic? Can natural rubber compete with the synthetic product? These are two very important questions which are continually being asked. The answers to them are too complicated and involved to be given in a word or two. This talk shall have for its purpose the discussion of these questions in their various phases, and then the attempt to draw some conclusions from the discussion.

Let us first go back a number of years and work our way toward the present situation from a more or less scientific point of view. As all of you undoubtedly know, the important early history of rubber took place in this country. It was from the trees of the Amazon Valley that first came the world's supply of rubber. However, rubber production soon began to appear in other regions. The removal of 70,000 seed of *Hevea brasiliensis* from the Tapajós valley in the year 1876 by Sir Henry Wickham started the plantation industry of rubber in the Far East.

In the early days the demand for rubber was very small, but it increased rapidly with the development of bicycle tires and later the automobile tires. This increase in demand naturally caused an increase in production. The increase in the production of rubber from plantations was more rapid than that from native trees, and in the year 1914 the two sources produced about equal amounts. In 1939, the last normal year before the war, plantations accounted for about 97% of the world production. Up until the year 1919 the demand for rubber

---

(\*) A talk presented, November 5, 1943, at the Instituto Agronômico do Norte, in Belém, Pará, Brazil.

(\*) Member of the National Bureau of Standards, in Washington, D. C., U. S. A., on a diplomatic and cultural mission as Chief of The Rubber Laboratory of the Instituto Agronômico do Norte, in Belém, Pará Brazil.

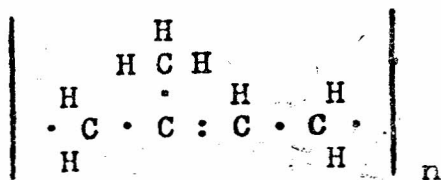
always exceeded the supply, and the price was naturally very high, at one time reaching over \$3.00, American money, per pound. In 1920 the supply of rubber from the plantations had increased to such an extent that the price dropped to 20c per pound. An organized restriction of the sale of rubber brought the price up again to over \$1.00 in 1925, but in 1932 it dropped to an all-time low of less than 3c per pound. During the last few years before the war rubber generally sold for about 20c per pound. This price seemed to be reasonable, and no general complaints came from either the producers or the consumers.

Rubber has been no exception to the general rule that science is always in search for methods of reproducing nature's products synthetically. The aim of the scientist is not necessarily to make a cheaper material. He may desire a more uniform or superior product. Also he may be forced to synthesize a material because of the lack of a natural supply, which often occurs during a war. For one or more of the above reasons synthetic rubber is now manufactured on a large scale in the United States of America, in Russia, and also in Germany.

The development of synthetic rubber has been a slow process. In the year 1826 a chemist by name of Faraday first analyzed natural rubber, and found it to contain carbon (C) and hydrogen (H) in the atomic ratio of 5 to 8. It can thus be represented by the general chemical formula:



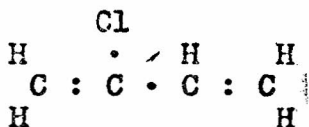
Further analyses and research on the rubber determined that it has the structural formula:



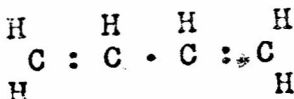
The value of  $n$  is of the order of 1,000, which means that there are about that many of the above units attached to each other in the form of a long chain representing one single molecule. After having determined this formula, the chemists began trying to synthesize the natural rubber, usually starting with a low-boiling liquid called isoprene, which has the same empirical formula as rubber  $(C_5H_8)_n$  but which has the value of  $n$  as unity. This method of attack led to no great degree of success in the laboratory in spite of the fact that it is generally thought that nature uses this procedure to manufacture rubber in the tree.



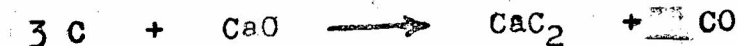
However, shortly after 1930, Germany, Russia, and the United States of America began the development of synthetic rubbers differing chemically from the natural rubber. Here they met with greater successes. The DuPont Company in the United States prepared a synthetic rubber, which it called Neoprene, from chloroprene, which is a liquid having the formula :



It can be seen that the formula of this substance is the same as that of isoprene except that it has an atom of chlorine (Cl) in the place of the methyl radical ( $\cdot\text{CH}_3$ ). The Russians and the Germans developed their rubbers from a substance chemically very similar, but which has neither the methyl nor the chlorine radicals attached to the main chain. It is a gas called butadiene, and has the formula :



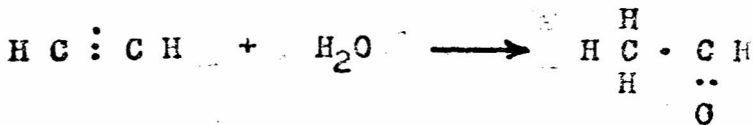
Let us go into a little more detail in the synthesis of rubber from the butadiene, since this substance is the simplest of those mentioned. In Germany the process begins by the addition of coal, which is mostly carbon (C), to limestone, which is the oxide of calcium (CaO). Electrical energy is required to make this reaction proceed, giving calcium carbide and carbon monoxide, as is seen from the equation:



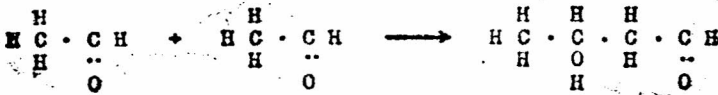
The carbon monoxide (CO) has no further use in the preparation of rubber, but the calcium carbide ( $\text{CaC}_2$ ) is allowed to react with water ( $\text{H}_2\text{O}$ ) to form acetylene gas ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ) and calcium oxide :



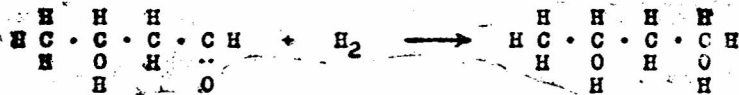
The  $\text{C}_2\text{H}_2$  gas, more completely represented by its structural formula,  $\text{HC} : \text{CH}$ , also reacts with water to form acetaldehyde.



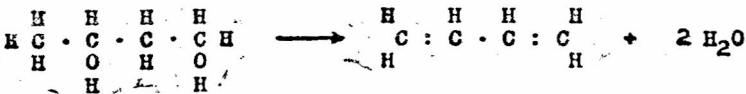
Each molecule of this acetaldehyde reacts with another one exactly like it to form a substance called aldol:



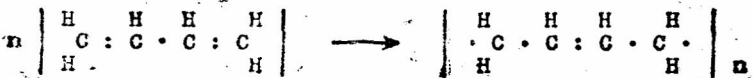
When hydrogen gas ( $\text{H}_2$ ) is next added to the aldol, butylene-glycol is formed:



This butylene-glycol splits off four atoms of hydrogen and two of oxygen, to form two molecules of water and one of butadiene:



This butadiene is the substance which is finally polymerized (is reacted with itself) to form one of the types of synthetic rubber:

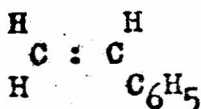


The German chemists caused this latter reaction to proceed by adding a small quantity of metallic sodium (Na) as a catalyst or activator. The name "Buna" was given to the new synthetic rubber from this reaction, — the syllable "Bu" coming from the butadiene, and the "na" from the chemical symbol of the sodium (Na).

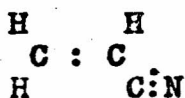
This butadiene can also be made from substances other than coal and limestone. More recently it has been reported that Germany is now making some of its butadiene from waste products derived from its synthetic gasoline factories. Russia makes Buna rubber by still two other processes. When the intermediate product, butadiene, is prepared from petroleum, Russia calls the resulting rubber SKA; and when it is prepared from alcohol fermented from potatoes, it is called SKB.

Later it was found that if certain other substances are added to

the butadiene for the final polymerization reaction, better grades of rubber are obtained. For example, if styrene molecules



are placed in the molecular chain, a product is obtained which is known as Buna-S, the letter S signifying the presence of the styrene. If acrylonitrile molecules



are inserted in the chain, the resulting rubber is called Buna-N or Perbunan. The letter N denotes the presence of nitrogen. There are many other types of synthetic rubbers, but we will not have time to discuss them now. Some of them are quite similar chemically to the Bunas just described, while others are different. In addition to the synthetic rubbers of Germany and Russia previously mentioned, Russia also has its Sovprene; Japan has its Mustone and Thionite; Poland its Ker; and the United States has its Neoprene, Koroseal, Thiokol, Vinylite, Vistanex, Butyl, Chemigum, Hycar, Ameripol, and others.

The Buna-S rubbers, like natural rubber, are hydrocarbons, which means that their molecules contain only carbon and hydrogen. For this reason they swell or deteriorate when left in contact with oil, which is also a hydrocarbon. The Buna-S rubbers have properties more nearly like those of natural rubber than the other synthetics have. The Buna-N rubbers and Neoprene contain nitrogen and chlorine, respectively, and are therefore not hydrocarbons. This gives them the property of having very good resistance to oil, and thus makes them much superior to the natural rubber and to Buna-S in the manufacture of products such as gasoline hose, gaskets, and the like. Neoprene rubbers contain such a high percentage of chlorine that they will not burn, giving them advantages for use in places where fire hazards are great.

All of the synthetic rubbers have the property of being better able to absorb vibrational energy than the natural rubber. This means that if blocks of synthetic rubber are placed between a machine which vibrates and its base, the transmission of these vibrations to the base will be less than if blocks of natural rubber were used. This property which gives the synthetic rubbers their advantage for this purpose is, however, one of their biggest detriments for other purpo-

ses. The absorption of this energy is transmitted into heat, and this, as we shall see later, is exactly what is not wanted for tires.

The type of rubber used for the manufacture of tires is of the utmost importance to the rubber industry since over 50% of the total world production of rubber in normal times is used for this purpose. Much research has, of course, been done on the comparison of tires made from different types of rubber. One very interesting experiment was to insert thermocouples inside the plies and treads of tires at various points, and then to measure the temperatures of the tires while in actual operation. The heat produced by flexing or vibration of the tires causes an increase in temperature which, surprisingly, is often high enough to boil water. It has been found, as one would expect, that tires run hotter under conditions of faster driving, where the flexing would naturally be much greater. It was also interesting to note that in all cases tires made from synthetic rubber ran at higher temperatures than those made from natural rubber. This also would be expected, however, from the previously mentioned fact that the synthetic rubbers absorb vibrational energy to a greater extent than the natural rubber.

The heating which takes place in tires occurs mostly at the junction between the rubber and the fabric. The resulting high temperature may cause a break in the adhesion between the rubber and the fabric, and thus cause premature and complete failure of the tire. A tire made of synthetic rubber therefore does not offer as much safety as one made from natural rubber. If the motorist would always be willing to drive slowly, so as not to cause too much heating in his tires, he might find that a synthetic rubber tire would last even longer than one made from natural rubber. But he is not interested in this kind of driving. He wants to be able to maintain a high rate of speed, to be able to drive over rough roads, to be able to drive over hot roads, and still have as much safety as can possibly be obtained. For this reason he would prefer to pay extra, if necessary, for a tire giving him more safety than he would for one giving him more miles.

A compromise can, of course, be made in tire manufacture. The tread, or outside wearing part of the tire may be made from all-synthetic rubber while the inner part is made from natural rubber, or the whole tire may be made from a mixture of the two. In any case, the greater the percentage of natural rubber used to make the tire, the greater safety it will have from premature failure. There is the possibility that by continued research synthetic rubber will continue to improve in its qualities. But is there any reason why we cannot also improve the qualities of natural rubber?

There is no doubt but that in case of necessity either the natural or the synthetic rubber alone, without aid from the other,

could supply the world's needs, but one must conclude from the previous discussion that there is a place in the world market for both types, no matter what their relative prices may be. The general public is always willing to pay a premium for the type of rubber which produces a superior product. Of course, where either type can be used equally well the manufacturer will undoubtedly use the cheaper of the two.

It would be very difficult at this time to predict what the price of either natural or synthetic rubber will be after the war. At the present time a good grade of natural rubber here in Brazil brings about the same price as the cheapest of the synthetics. The May 31, 1943, issue of "Time" magazine states that Buna-S rubber in the United States is selling at 36¢ per pound (about 16 cruzeiros per kilogram). The Neoprene is somewhat more expensive. The prices of synthetic rubbers are still higher in other countries because of the lack of a large supply of petroleum which gives the cheapest raw material. When the synthetics are made from coal and limestone a huge quantity of electrical energy is necessary which increases the cost of manufacture. When the raw materials are grain or potatoes, as is the case in Russia and to some extent in the United States, the rubber becomes expensive, because it requires several pounds of alcohol, fermented from the agricultural products, to produce one pound of the rubber.

The demand for rubber at the present time is considerably greater because of the war, but undoubtedly it will continue at this higher level after the war. There will be a demand for new automobiles, and the tire manufacturer will be rushed trying to keep the automobile manufacturer supplied with tires. No doubt there will be a great tendency, as was the case before the war, to manufacture more varied products from rubber. In some cases rubber even replaces steel to an advantage. For example, the tanks used in the war previously used to run on treads of steel, but these treads wore out quickly and had to be replaced about every 1,500 kilometers. Now the tanks of the Allied Nations are running on treads of rubber which not only give better grip and smoother riding but also last about five times as long as the steel treads. Another new use of rubber which might be mentioned here may result in a tremendous increase in the world production of rubber. It is the addition of a few percent of rubber to asphalt used in road paving. This addition of rubber gives to the asphalt the property of not becoming brittle and cracking in cold climates, and also the property of not becoming soft and flowing in hot climates.

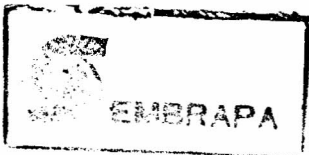
Natural rubber, besides being used to make rubber goods, is also used as a base or raw material in the preparation of many other products. Chlorine ( $\text{Cl}_2$ ) or bromine ( $\text{Br}_2$ ) for example, can be made to react with rubber forming a powder which is used to make a paint



very resistant to acids. Hydrochloric acid gas (HCl) and rubber react to form a substance used to make a beautiful, transparent, water-proof wrapping-material similar to cellophane. Hydrogen gas (H<sub>2</sub>) adds to rubber chemically to form a substance used in the manufacture of varnishes and adhesives. These last-mentioned products are made only from the natural rubber and not from any of the synthetics. There are also numerous other products already being made from the natural rubber, and doubtless many more will be found in the future.

In 1876 when seeds of *Hevea* were removed from Brazil and taken to the Far East, Sir Henry Wickham may have been very lucky in selecting the best type of plant for the production of rubber. It is more probable, however, since the seed came from only one small area in Brazil, that he did not secure material representing all the variations of *Hevea brasiliensis*. There is the possibility therefore that there are other types here in Brazil which can produce more rubber of even better quality. There can be produced new hybrids of the *Hevea* tree which will be resistant to the common leaf disease and will also give high yields of rubber. Also what about the rubber from Tapurú, Mangabeira, Castilloa, and other kinds of plants? Why should we not be on the lookout for them? It will be very much worth while to secure the services of botanists and research chemists to search for these new sources of rubber and to study their products.

The British and the Dutch have built up their plantations of rubber so successfully by continued scientific research. Before the Far East was invaded by the Japanese they had four good research institutions in Java, Malaya, Sumatra, and Ceylon. They conducted research on all phases of rubber-growing and on the improvement of the rubber. They also supported a system of instruction, teaching all the natives and plantation men the better methods and the newer developments. The results of the research of these institutions have fortunately been published, and the publications are available to all of us. We could very easily continue these researches where they were discontinued. In any case Brazil must not leave idle her vast possibilities in the rubber program.



Copies of the paper may be obtained from the Instituto Agrônômico do Norte, Belém, Pará Brazil.